அறிவியல் தொழில்நுட்ப நூல் வரிசை

தொகுதி - V

விண்வெளித் தொழில்நுட்பம்
செயற்கைக்கோள்கள்



தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்
சென்னை—600 005

அறிவியல் தொழில்நுட்பம்

தொகுதி-V

விண்வெளித் தொழில்நுட்பம்
செயற்கைக்கோள்கள்

நெல்லை சு. முத்து



தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்

சென்னைப் பல்கலைக்கழக வளாகம்

சென்னை-600 005

2013

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்

சென்னைப் பல்கலைக்கழக வளாகம்
சேப்பாக்கம், சென்னை - 600 005.

நிறுவனர்
திரு தி.சு. அவினாசிலிங்கம்

புரவலர்
முனைவர் நா. மகாலிங்கம்

தலைவர்
முனைவர் வா.செ. குழந்தைசாமி

துணைத் தலைவர்
முனைவர் மு. பொன்னவைக்கோ

செயலாளர்
முனைவர் உலகநாயகி பழனி

பதிப்பாசிரியர்
முனைவர் பெ. அர்த்தநாரீசுவரன்

மொழியாசிரியர்
திரு ஆ. பன்னீர்செல்வம்

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழக வெளியீடு

முதற் பதிப்பு 2013

விலை ரூ. 300/-

அச்சிட்டோர் : பாவை பிரிண்டர்ஸ் (பி) லிமிடெட்
சென்னை - 600 014.

Bibliographical Data

Name of the Book	:	Science and Technology -Volume V: Space Technology and Satellites
Author/Editor	:	Nellai S. Muthu
Edition	:	First - 2012
Copyright	:	Tamil Valarchi Kazhagam
Language	:	Tamil
Subject	:	Science and Technology
Pages	:	x + 358
Price	:	₹ 300/-
Paper	:	Maplitho
Size	:	Double Crown
Binding	:	Deluxe
Point	:	12 Pt
Published by	:	Tamil Valarchi Kazhagam University Buildings Chepauk, Chennai- 600 005. Ph: 25365440
Printed by	:	**Pavai Printers Pvt. Ltd.** J.J. Khan Road, Royapettah Chennai-600 014 Ph. 28482441, 28482973

உள்ளடக்கம்

முகவுரை

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் அறிவியல் தொழில்நுட்பம் சார்ந்த நூல்வரிசையில் இதுவரை மூன்று தலைப்புகளில் ஐந்து நூல்களை வெளியிட்டுள்ளது. தொகுதி-5 விண்வெளித் தொழில்நுட்பம், செயற்கைக் கோள்கள் (Space Technology and Satellites) என்னும் நூலை முப்பது தலைப்புகளில் திரு நெல்லை சு. முத்து அவர்கள் எழுதியுள்ளார்.

இவர் மத்திய அரசு பதிவு பெற்ற முதல் நிலை விஞ்ஞானியாக திருவனந்தபுரம், விக்கிரம் சாராபாய் விண்வெளி மையம் (1973 நவம்பர் 19 முதல் 1997 ஜூன் வரை), ஸ்ரீஹரிக்கோட்டா, சத்தீஷ் தவான் விண்வெளி மையம் (1997 ஜூன் முதல் 2008 ஜூன் வரை) மற்றும் சென்னை, சாஸ்திரி பவனில் உள்ள இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனம் (2008 ஜூன் முதல் 2011 மே வரை) ஆகியவற்றில் முப்பத்தி ஏழரை ஆண்டுகள் பணியாற்றிய அறிவியல் அனுபவம் மிக்கவர்.

இவர் கவிஞர், சிறுகதையாசிரியர், அறிவியல்புதின எழுத்தாளர், நாடக ஆசிரியர், திறனாய்வாளர், சிறுவர் இலக்கியப் படைப்பாளி எனப் பன்முகம் கொண்டவர். பல்வேறு துறைகளில் ஏறத்தாழ 105 நூல்களை எழுதியவர். விண்வெளி அற்புதங்களைப் பற்றி தமிழில் 55க்கும் அதிகமான நூல்களை எழுதியவர்.

இவர் எழுதிய நூல்கள் பள்ளி, கல்லூரிகள் தோறும் மாணவரிடையே அறிவியல் உணர்வைப் பெருக்கி வருகின்றன. 210 பள்ளி, கல்லூரிகளுக்கு அறிவியல் பயணம் மேற்கொண்டவர். தமது அறிவியல் பரப்பும் பணிக்காக மத்திய அரசின் அறிவியல், தொழில்நுட்பத் துறை வழங்கிய தேசிய விருது 2003 (NCSTC Award for Science Popularisation -2003) பெற்றவர்.

இந்த விண்வெளித் தொழில்நுட்பம் , செயற்கைக்கோள்கள் (Space Technology and Satellites) என்னும் நூல் கல்லூரி மாணவ மாணவியரிடையேயும், பொதுமக்களிடையேயும் மிகுந்த வரவேற்பைப் பெறும் என்பதில் ஐயமில்லை

இந்நூல் சிறந்த முறையில் வெளிவருவதற்கு உதவிபுரிந்த தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்தின் பதிப்பாசிரியர், முனைவர் பெ. அர்த்தநாரீசுவரன் அவர்களுக்கும், வடிவமைப்பு செய்த கணினியாளர் திரு க. செல்லதுரை அவர்களுக்கும், இந்நூலைச் சிறந்த முறையில் அச்சிட்ட பாவை அச்சகத்தாருக்கும் என் பாராட்டுதல்களைத் தெரிவித்துக்கொள்கிறேன்.

இந்தச் சிறந்த நூலைப் படைத்து அளித்துள்ள திரு நெல்லை சு. முத்து அவர்கட்குத் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்தின் சார்பில் எனது பாராட்டுதல்களையும், நன்றியையும் பதிவு செய்வதில் மகிழ்ச்சி அடைகிறேன்.

27-03-2013
சென்னை

வா. செ. குழந்தைசாமி
தலைவர்
தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்

முன்னுரை

2011-ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 4 முதல் 10 வரை உலக விண்வெளி வாரம் உலகெங்கும் சிறப்பாகக் கொண்டாடப் பெற்றது. 1957 அக்டோபர் 4 அன்று உலகின் முதலாவது செயற்கைக்கோள் விண்ணில் செலுத்தப்பெற்றது. 1967 ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 10 அன்று விண்வெளியினை அமைதிக்குப் பயன்படுத்தும் உடன்படிக்கை அறிவிக்கப் பெற்றது. இந்த இரண்டு தினங்கள் சார்ந்து ஒவ்வோர் ஆண்டும் அக்டோபர் 4 முதல் 10 வரை உலக விண்வெளி வாரம் கொண்டாடப்பட்டு வருகின்றது.

"விண்வெளி அறிவியலையும், தொழில்நுட்பங்களையும் வளங்குன்றா மேம்பாட்டுக்கு அமைதியான வழிமுறைகளில் கையாளுவதால் ஏற்படும் நன்மைகள் பற்றி ஆட்சியாளர்களுக்கும், குடிமக்களுக்கும் உலக அளவில் பொது நிகழ்ச்சிகள் நடத்தி விழிப்புணர்ச்சியை அதிகரிக்கச் செய்வதே" ஐக்கிய நாடுகள் சபையின் நோக்கமாகும்.

2011-ஆம் ஆண்டு மனித விண்வெளிப் பயணத்தின் பொன்விழா ஆண்டும் ஆகும். 1961 ஏப்ரல் 12 அன்று யூரி ககாரின் என்ற சோவியத் யூனியன் வீரர் முதன்முதலாக விண்வெளி சென்று திரும்பினார்.

அதுமட்டுமன்றி, தற்செயலான இன்னொரு பொருத்தமும் அமைந்துள்ளது. 'விண்வெளி இயலின் தந்தை' என்று குறிக்கப்பெறும் கான்ஸ்டன்டைன் சியோல்ஸ்கோவ்ஸ்கி என்ற அறிஞர் எழுதிய பிரபல விண்வெளி தீர்க்கதரிசன மடலுக்கும் நூற்றாண்டு ஆகிறது.

1911-ஆம் ஆண்டு அவர் எழுதிய வரிகள்: "பூமி, மனத்தின் தொட்டில். அதில் மனிதன் என்றென்றைக்குமாகக் காலுதைத்துக் கொண்டு கிடக்க

இயலாது; வேற்றுக் கோள்களுக்குச் செல்ல வேண்டி இருக்கும்" என்ற தொலைநோக்குச் சிந்தனை அது.

'வலவன் ஏவா வானவூர்தி' முதல் ஆழ்விண்வெளிக் கலன்கள் வரையிலும் ஆன விண்வெளித் தொழில்நுட்பம் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் உலகெங்கிலும் எத்தனையோ நடந்துவருகின்றன. இது குறித்து வரலாற்று முறையிலும், பயன்பாட்டு முறையிலும் தமிழில் இந்நூலை எழுதியுள்ளேன்.

மாணவர்கள் முதல் அறிஞர்கள் வரை அனைத்துத் தரப்பு மக்களும் வாசித்துப் பயன்பெறும் வகையில் இந்நூலினைப் படைக்க ஊக்கம் அளித்த தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்தின் தலைவர், முன்னாள் துணைவேந்தர், கல்வியாளர், அறிவியல் தமிழறிஞர் பேராசிரியர் வா. செ. குழந்தைசாமி அவர்களுக்கும், செயலாளர் முனைவர் உலகநாயகி பழனி அவர்களுக்கும் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழக ஆட்சிக் குழுவின் அறிவியல் நண்பர்கள் அனைவருக்கும் மனமார்ந்த நன்றியைத் தெரிவித்துக்கொள்கிறேன்.

இந்நூல் சிறந்த முறையில் வெளிவருவதற்கு உதவிபுரிந்த தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்தின் பதிப்பாசிரியர், முனைவர் பெ. அர்த்தநாரீசுவரன் அவர்களுக்கும், இச்சீரிய பணியில் பங்கெடுத்துச் சிறப்புடன் தட்டச்சு செய்தும், உரிய படங்களை உள்ளடக்கியும் நூலுக்கு முழுவடிவம் தந்த கணினியாளர் திரு க. செல்லதுரை அவர்களுக்கும் என் நன்றியை உரித்தாக்குகிறேன்.

இந்நூலை அச்சிட்ட பாவை அச்சகத்தாருக்கும், நல்ல முறையில் வெளியிட்ட தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்திற்கும் என் உளமார்ந்த நன்றியைத் தெரிவித்துக்கொள்கிறேன்.

27-03-2013 **நெல்லை சு. முத்து**

சென்னை

1

இலக்கியங்களில் வானவூர்தி

காற்றிலேறி விண்ணையும் சாடலாம் என்னும் உள்மன வேட்கை மனிதர் உணர்வோடு ஒன்றிப் பிறந்த அம்சம். இறக்கை கட்டி வானிற் பறந்த இகாரஸ் **(Icarus)** எனும் கிரேக்கச் சிறுவனின் கதை நாடறிந்ததாகும்.

நம் நாட்டு இதிகாசங்கள், புராணங்கள், காப்பியங்கள் ஆகியவற்றிலும் இத்தகைய வானவூர்திகள் பற்றிய தொழில்நுட்பக் குறிப்புகள் ஏராளம் உள்ளன.

கண்களைக் கூசச் செய்யும் ஒளிப் பிரவாகத்துடன் இடிமுழங்கி எழும் விமானங்களை மகாபாரதம் சுட்டுகிறது. கம்பராமாயணத்திலும், 'எந்திரத் தேர்' (ஆரண்ய காண்டம், சடாயு உயிர் நீத்த படலம், பாடல் 3,408) பற்றிய செய்தி உள்ளது. சீதாதேவியை நிலத்தோடு பெயர்த்தெடுத்துச் சென்ற இராவணன் தன் 'தேர் சென்ற சுவடெல்லாம் மாய்ந்து, விண்ணில் ஓங்கியதொரு நிலை'யினை ஆழ்ந்து நோக்கினால் நவீன விமானம்தான் நம் மனத்தில் தோன்றும். சற்று தூரம் வரை தரையில் விரைவாக ஊர்ந்து சென்று பின் விண்ணில் மேலெழும்பும் வாகனம் வேறு எதுவாக இருக்க முடியும்?

தவிரவும் அத்தகைய புட்பக விமானங்கள் சுமார் 10 கிலோமீட்டர் உயரத்திற்கு மேல் பறக்க இயலாதாம். 'போர் அரக்கன் புட்பகந்தான் பொருப்பின் மீது ஓடாதாக' என்னும் தேவாரப் பண்ணில் இலங்கேசுவரன் விமானம் இமயமலை உயரத்திற்கு மேல் எம்பிப் பறக்காதாமே!

பழந்தமிழ்க் காப்பியங்களில் இத்தகைய வானவூர்திச் செய்திகள் சர்வ சாதாரணம்!

மலைக்குறவர் கண்ணெதிரே ஆகாயத்திலிருந்து வந்திறங்கிய விமான ஊர்தியில் ஏறி தெய்வமாகிறாள் கண்ணகிதேவி! சிலப்பதிகாரத்தில் இளங்கோ அடிகள் காட்டும் காட்சி வருணனை இது.

வாடா மாமலர் மாரி பெய்தாங்(கு)
அமரர்க் கரசன் அமர்வந் தேத்தக்
கோநகர் பிழைத்த கோவலன் தன்னொடு
வான வூர்தி ஏறினள் மாதோ
கானமர் புரிகுழல் கண்ணகி தானென்

(மதுரைக் காண்டம், கட்டுரைக் காதை, 196 - 200)

இவ்வகை வான்வழிப் பயணங்கள் பெருங்கதை, சீவகசிந்தாமணி, மணிமேகலை போன்ற காப்பியங்களிலும் சித்திரிக்கப்படுகின்றன.

தொழில்நுட்பம்

“வலவன் ஏவா வான வூர்தி” (புறம். 27) என்னும் அரிய சொல்லாட்சி சங்க காலத்திலேயே தமிழில் கையாளப்பட்டு இருக்கிறது.

பெருங்கதை எனும் பழந்தமிழ்க் காப்பியத்தில் வானவூர்தி வடிவமும், இயங்கமைப்பும் (**Mechanism**) விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

யவன பாடி ஆடவர் தலைமகன் தமனியப் பைபூட்டம்
மிறைக் கியன்ற கண்மணி அன்ன திண்நட்பாளன்
(பெருங்கதை, இலாவாண காண்டம், யூகிபோதரவு காதை, 169-170)

‘யாவரும் அறியா அரும்பொறி ஆணியின் இரும்புப் பத்திரம் (இரும்பாலான சிறகு) இசையக் கவ்வி, மருப்புப் பலகை (தந்தப் பலகை) மருங்கணி பெற்றுப் பூணி இன்றியும் பொறியின் இயங்கும்’ இயந்திரத் தேரை வடிவமைத்ததாகப் பெருங்கதையாசிரியர் கொங்குவேள் குறிப்பிடுகின்றார்.

பெருங்கதையில் யவன வீரர்கள் கட்டமைத்த எந்திர விமானங்களில் பொருத்தப்பட்ட விசையாணியைத் தேவைக்கேற்ப முறுக்கி விண்ணிற் கிளம்பிப் பறக்கலாமாம்!

வித்தக வாணி வேண்டுவயின் முறுக்கி
விண்ணகத் திழிந்து விமானம் ஏறி
(பெருங்கதை, இலாவாண காண்டம், யூகிபோதரவு காதை, 193-194)

உதயணன் தன் அமைச்சனும், உயிர்த் தோழனுமாகிய யூகியும் உச்சியினியினின்று புட்பகநகர் புறப்பட்டதாக அறிகிறோம்.

கட்டமைப்பு விதம்

இனி, வான ஊர்திகள் தயாரிப்பு முறை பற்றிச் சிறிது கவனிப்போம். விண்ணூர்திகள் **(Spacecrafts)** பொதுவாக எடை குறைந்தும், அதே வேளையில் வலுமிக்கனவாகவும் அமைதல் சிறப்பு! ஏவூர்திகளின் **(rockets)** உயர் கட்டங்களில் இதற்கென விசேடக் 'கோவைப் பொருட்கள்' **(Composite Materials)** பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கண்ணாடி இழை **(Fibre glass)** மற்றும் கரி இழை **(carbon fibre)**, 'கெவ்லார்' **(Kevlar)** போன்ற கரிம இழைகள் உள்ளூரப் பாவி வலுவேற்றிய நெகிழ்மங்கள் **(reinforced plastics)** இன்று ஏவூர்தி இயலில் பிரபலம்!

தவிர, நடுவளி மண்டல **(middle atmosphere)** வானிலை ஆராய்ச்சிக்குக் கையாளப்படும் பிரம்மாண்டமான பலூன்களில் பாலியூரித்தேன் **(Polyurethane)** போன்ற கூட்டுக் குழைமங்கள் **(binder matrix)**, மெழுகின நைலான் மற்றும் சிலிக்கா துணிகள் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன.

சீவக சிந்தாமணியில் திருத்தக்கத் தேவர் கூறும் வானவூர்தி கட்டமைத்த விதம் சிந்தனையைத் தூண்டுவதாக உள்ளது.

ஏமாங்கத மன்னர் சச்சந்தன், தன் மனைவி விசயை என்ற பெண்ணரசி தற்காத்துத் தப்பிச் செல்வதற்காக, "தந்திரத்தால் 'தமநூல்' கரைகண்டவன் வெந்திறலான் பெருந்தச்சனைக் கூவியொர் எந்திரவூர்தி இயற்றுமின்" என்றானாம். (நாமகள் இலம்பகம், பாடல் 234)

பொறி வடிவமைப்பு மற்றும் கட்டமைப்பு **(Design and Structure)** குறித்த 'தமநூல்' இன்று நம்மிடை இல்லை. ஆயினும் அன்றையக் கட்டமைப்பு வித்தகர் ஏழு நாள்களில் மயிற்பொறி உருவாக்கிய விதம், இந்நாளையப் பொறியியலாரை வியப்பில் ஆழ்த்துவதாக அமைகிறது.

> பல்கிழி யும்,பயி னும்,துகில் நூலோடு
> நல்லரக் கும்,மெழு கும்,நலஞ் சான்றன
> வல்லன வும்,அமைத் தாங்(கு)எழு நாளிடை
> செல்வதொர் மாமயில் செய்தனன் அன்றே (235)

இன்றைக்கு நாம் வழங்கும் 'கோவைப் பொருட்களுக்கு ஒப்பான பொருட்களாலேயே அந்த மயிற்பொறி வடிவமைக்கப்பட்டது என்க. பலவகைச் சீலைத் துணிகளும், பற்றுதற்குரிய பயின் **(binder)** இனப் பசைகளும் **(pastes)**, சரிகை முதலான வெள்ளி இழைகளும் **(silver wires)**, நல்ல அரக்கு வகை

ரோசனங்களும் (**resins**), மெழுகு (**wax**) போன்ற கொழுப்புப் பொருட்களும் அன்றி நன்மை பயக்கும் வல்லுறுப்புகளும் அதிற் பயன்படுத்தப்பட்டன. பண்டைத் தமிழர்தம் வினைத்திறனை வெளிப்படுத்தும் எளிய கருத்தோட்டம்!

பெருங்கதை காட்டும் 'எந்திர ஊர்தி' (இலாவாண காண்டம், யூகிபோதரவு, அடி 187) "மூவகை யோகமும் சீரமைத்து இரீஇய" (186) – அதாவது மூவகைப் பசைப் பொருட்கள் கூட்டித் தயாரித்த திரியோக மருந்தினால் கட்டப் பட்டதாம்! ஆயின் அந்தக் குழைமங்கள் அல்லது சாந்துப் பொருட்கள் இன்னதென்று அறிய வழியில்லை!

2

தீ அம்புகள்

மண் திணிந்த நிலனும்
நிலன் ஏந்திய விசும்பும்
விசும்பு தைவரு வளியும்
வளித் தலைஇய தீயும்
தீமுரணிய நீரும் என்றாங்கு
ஐம்பெரும் பூதத்து இயற்கை

(புறம். 2: 1-6)

என்கிற முரஞ்சியூர் முடிநாகராயர் பாடலில் மண் அடர்ந்த நிலம், நிலம் தாங்கிய வான், வான் நிறைந்த காற்று, காற்று தலைப்பட்ட நெருப்பு, நெருப்புக்கு முரண்பட்ட நீர் என்று எவ்வளவு அருமையாக அந்தாதிபோல வருணிக்கப்படுகின்றன பஞ்சபூதங்கள்!

இந்த ஐந்து பொருள் நிலைகளை **(states of matter)** இன்று திண்மம் **(solid)**, நீர்மம் **(liquid)**, வளிமம் **(gas)**, மின்மம் **(plasma)**, வெறுமம் **(vaccum)** என்று வரையறுத்துள்ளோம். நிலம் – திடப்பொருள்; நீர் – திரவப் பொருள்; காற்று – வளிமப் பொருள்; நெருப்பு – அயனிகளால் ஆன மின்மம்; வான் அல்லது விண்வெளி – வெற்றிடம்.

எம்பிடாக்ளிஸ் **(Emphedocles)**, அரிஸ்டாட்டில் **(Aristotle)** போன்ற கிரேக்க மேதைகள் கூட நிலம், நீர், காற்று, நெருப்புடன் நின்றுவிட்டார்கள்; ஆகாயத்தை இத்துடன் இணைத்துப் பார்க்கவில்லை!

தீ பற்றிய பயம், சிந்தனை எல்லா நாடுகளிலும் போலவே இந்தியாவிலும் ஆதிமனிதரிடை எழுந்தது. அக்னி ஒரு அஸ்திரமானது. 'தீ' போராயுதமாக உலகெங்கும் நடைமுறைக்கு வந்தது. கரி, கந்தகத்துடன் நீற்றுச் சுண்ணாம்பு

(quick lime) கலந்து அதனை நீரில் இட்டால் பிரகாசமாக எரியும் தீ. இதனை 'கிரேக்கர்' கையாண்டதால் இது 'கிரேக்கத் தீ' **(Greek-fire)** என்று அழைக்கப்பட்டது. அத் தொழில் நுட்பத்தின் பிறப்பிடம் இந்தியா என்றே சொல்லலாம்.

இந்தியாவில்

கி.மு. 325-ஆம் ஆண்டு அலெக்ஸாண்டர் பஞ்சாப் வழியாக இந்தியாவுக்குள் நுழைந்தபோது, பியாஸ் நதிக்கருகே ஆக்சித்ரேசியா **(Oxydracea)** என்கிற ஓர் இனமக்கள் மதில்களிலிருந்து புயலையும், இடிமுழங்கும் தீமழையையும் எதிரிகள்மீது வீசி எறிந்ததாக ஃபிலோஸ்த்ராத்தஸ் **(Philostratus)** என்றொரு கிரேக்க நூலாசிரியரே குறிப்பிடுகின்றார் **(Life of Appolonios of Tyane).**

7-ஆம் நூற்றாண்டில் கான்ஸ்டாண்டிநோபிள் நகரைக் கைப்பற்ற முனைந்த இசுலாமியப் படை, 'கிரேக்கத் தீ' முன் தோற்றுப் போயிற்று. இந்தியாவின் வெடிமருந்துத் தீ மழை அலெக்சாண்டர் மூலமாக அரேபியரை எட்டியது இவ்வாறே எனலாம்.

பின்னர் கரி, கந்தகம், பெட்ரோலிய எண்ணெய் கலந்த தீயினை ஆயுதமாக இசுலாமியர் கையாண்டனர். 13-ஆம் நூற்றாண்டுச் சிலுவைப் போர்களில் (Crusades) இது பிரபலமாயிற்று. அரேபியர்கள் 1250-ஆம் ஆண்டுவாக்கில் 'வெடியுப்பு' அல்லது இந்துப்பு **(Salt Petre)** பற்றியும் அறிந்து வைத்திருந்தனர் என்பர்.

1260-ஆம் ஆண்டு, பழமையான ஆவணம் ஒன்றில் ரோஜர் பேக்கன் **(Roger Bacon)** என்னும் இத்தாலியப் பாதிரியார் 'வெடியுப்பு' **(Gun powder)** பற்றிக் குறிப்பிடுகின்றார். ஆயினும் அதன் தயாரிப்பு முறை குறித்து எந்தத் தகவலும் அதில் இல்லை.

ராடிஸ்பன் பேராயர் **(Bishop of Ratisbon)** ஆகிய ஆல்பெர்டஸ் மாக்னஸ் **(Albertus Magnus)** தமது 'டி-மீரா-பிலிபஸ் முண்டி' **(De Mira Bilibus Mundi)** எனும் நூலில் (ஏறத்தாழ 1275) இலத்தீனில் 'பறக்கும் தீ' **(Ignis Volans)** உருவாக்கம் பற்றி எழுதியுள்ளார்:

"கந்தகம் ஒரு பவுண்டு, இரண்டு பங்கு வில்லோ மரக்கரி, ஆறு மடங்கு இந்துப்பு **(Salt petre)** மூன்றையும் பளிங்குக்கல்லில் நன்றாகப் பொடிக்கவும். 'பறக்கும் தீ' அல்லது இடி எழுப்பத் தேவையான அளவை எடுத்துக் காகிதக் குழாய்க்குள் நிரப்புங்கள். பறக்கும் தீயானால் குழாய் மெலிந்து நீண்டதாகவும்,

முழுதும் நிரம்பியதாகவும் இருக்கட்டும். இடி போல் வெடிப்பதற்கானால் குட்டையான குழாயில் பாதி அளவு அடர்த்தியாக நிரப்பினால் போதும் என்று குறிப்பிடுகிறார்.

வெடிமருந்தினைக் குறிப்பிடும் 'கன் பவுடர்' **(Gun powder)** என்ற கலைச் சொல்லில் 'கன்' என்பது அந்நாள் 'கோண்' எனும் ஆங்கிலச் சொல்லின் மருவலாகும்.

14-ஆம் நூற்றாண்டில் சாஸர் (Chaucer) எழுதிய 'புகழ் இல்லம்' (House of Fame) என்னும் நூலில் வரும் அடிகளில் இச்சொல் இடம்பெறுகிறது.

As swift as pelet out gonne
When fyr is in the poudre ronne

(House of Fame: 3:554, 1384)

அந்தக் காலத்தின் ஆங்கிலத்தில் 'கோண்' **(gonne)** என்றால், கல் விட்டெறியக் கூடிய 'க-வு-ண்' **(g-o-nne)** என்பதாகும். தமிழில் இது "கவண்" எனப்படும். சிலப்பதிகாரம் அடைக்கலக் காதையில் "கல்லுமிழ் கவண்" (வரி 208) பற்றிக் கூறுகிறது. இன்றும் ஆங்கிலத்தில் இச்சொல்லினை எழுத்துக் கூட்டிப் படித்தால் "க-வு-ண்" **(G-U-N)** என்றே உச்சரிக்கிறோம்.

அரபியில் இதனையே 'பண்டுக்' (bunduq) என்று அழைக்கின்றனர். 'வாணம்' என்கிற சொல்லின் திரிபு இது!

ஆக, கவண் – 'கோண்' **(gonne)** என்றாகி 'கன்' **(gun)** ஆயிற்று. வாணம் என்பது பாணமாகி அரபியில் 'பண்டுக்' ஆனது. இத்தகைய மொழியியல் ஆராய்ச்சியும், வேர்ச்சொல்லியல் **(Etymology)** நுட்பங்களும் இந்திய அறிவியல் தொழில்நுட்பம் அரேபியா வழியாக, ஐரோப்பிய நாடுகளுள் சென்று தழைத்தது என்பதை அறிய உதவுகின்றன.

இந்தக் கவணும், பாணமும் நம் நாட்டுப் போர்க்கருவிகள் அல்லவா?

வட கிழக்குத் தாய்லாந்து நாட்டின் கிராமப்புறங்களில் இன்று வளமான மகசூல் காண 'வாண வேடிக்கைத் திருவிழா' ஒன்று கொண்டாடப்பட்டு வருகின்றது. இதற்கு "பௌன் பாங் ஃபெய்" **(Boun Bang Fei)** என்று பெயர். (படம் 2 : 1).

மழைத் தேவதைகளின் பலகை ஓவியங்கள் **(Wood cutouts)** மீது நாகப் பாம்புத் தலையுடைய ஏவூர்தி (ராக்கெட்) ஒன்று செலுத்தி 'கொடும்பாவி' கொளுத்துவார்கள். வருண பகவானுக்கு இப்படி ஒரு வழிபாடு! இந்த வாண வேடிக்கைகள் வெடி மருந்தினால் செயற்படுவனவாகும்.


Bun Bang Fei ceremonial rocket, launched annually for the propitiation of the rain gods for a fertile rice harvest, Yasothon, Northeastern Thailand, ca. 1976.

படம் 2.1: தாய்லாந்து நாட்டு வருண பகவான் வழிபாட்டுத் திருவிழாவில் வாணவேடிக்கைக் கொண்டாட்டம்.

பர்மாவில் இன்னொரு பண்டிகை உண்டு. இறந்த புத்த பிக்குகளின் ஆன்மா நேரடியாகச் சொர்க்கலோகம் செல்ல வேண்டும் என்னும் நம்பிக்கையே இதற்கு அடிப்படையாகும். அதற்கென, புத்த பிக்குகளின் சடலங்கள் பாதுகாக்கப்படும் காகிதக் கோயில்களின் மீது கயிற்றினால் சறுக்கிச் செல்லும் வாணங்களை மோதச் செய்து கொளுத்துவது வழக்கம். ஒருவகையில் இத்தகைய நம்பிக்கைகளும், சடங்குகளும், ஆசாரங்களும் பௌத்தமுமே நம் மண்ணிற் பிறந்தவை! அதனால் தென் கிழக்காசிய நாடுகளில் கையாளப் பெறும் வாணங்களுக்கும் பிறப்பிடம் பாரதம்தான் என்பதை அறுதியிட்டுக் கூறலாம்.

'கன் பவுடர்' என்ற வெடிமருந்துத் தகவல் முதன்முதலில் 1044-ஆம் ஆண்டில் அச்சேறியது என்பர். 'ஊ சிங் ட்சுங் யாவோ' **(Wu Ching Tsung Yao)** எழுதி, 'ட்செங் குங் – லியங்' **(Tseng Kung – Liang)** தொகுத்தளித்த 'இராணுவ மரபுகளின் சாரம்' **(Essentials of Military Classics)** எனும் ஆவணத்தில் வெடிமருந்து இடம்பெறுகிறது.

1019 ஆம் ஆண்டு முதல் தொடங்கும் 'வரலாறு எனும் கண்ணாடி' **(Tung Chien Kang Mu)** என்ற சரித்திர நூலின் பிந்திய திருத்தப்படியில் 1232-ஆம் ஆண்டு பீங்-கிங் **(Pien-King)** போரில் மங்கோலியர் மீது சீனர் 'பறக்கும் தீ அம்புகள்' **(feihuo chiang)** ஏவிய முக்கிய நிகழ்ச்சி இடம் பெறுகிறது. (படம் 2 : 2).

1300-ஆம் ஆண்டுவாக்கில் மார்கஸ் கிரேக்கஸ் **(Marcus Graecus)** என்ற கிரேக்கரின் 'லிபர் இக்னம்' **(Libr Ignum)** எனும் நூலில் இந்த வெடிமருந்து பற்றிய செய்தி உள்ளது.

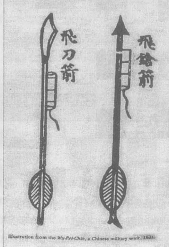


Illustration from the *Wu-Pei-Chih*, a Chinese military work. 1621.

படம் 2.2 : சீனர் கையாண்ட தீ அம்புகள்

பெர்த்தோல்டு ஸ்வார்ஸ் **(Berthold Schwarz)** என்னும் ஜெர்மானியரே இந்த வெடிமருந்தினைக் கண்டுபிடித்தவர் என்று ஃப்ரைபெர்க் **(Freiberg)** நகரில் அவருக்கு ஒரு சிலை வேறு எழுப்பப்பட்டது. 'ஸ்வார்ஸ்' என்றாலே கறுப்பு என்பது பொருள். இந்தக் கறுப்பு பெர்த்தோல்டு ஒருவேளை இன்றையத் துப்பாக்கி **(gun)**யைத்தான் கண்டுபிடித்தவரோ என்னவோ?

ஐரோப்பியக் கண்டத்தில் ஏவூர்தி, படைக்கலனாகக் கையாளப்பெற்றது 1241-ஆம் ஆண்டு ஹென்றி எனும் போலந்து அரசருக்கு எதிராக 'தார்த்தர்' **(Tartars)** நடத்திய லீக்னிட்ஸ் **(Leignitz)** போரில்தான்!

இபேரா தீபகற்பத்திலும் (1249), வெலென்சியா (1288) மீதும் அரேபியர் 'ஏவூர்திகள்' ஏவிய வரலாறு உண்டு. 1380-ஆம் ஆண்டு சியோக்கியா **(Chioggio)** போரில் 'ஏவூர்தி' வீசப்பட்டதாகப் பிற்காலத்தில் (1728) இத்தாலிய வரலாற்று நூலாசிரியர் எல்.ஏ. முராதோரி **(L.A. Muratori)** குறிப்பிடுகின்றார்.

1405-ஆம் ஆண்டு கொன்ராடு கெயிசர் வான் ஐஷ்தாட் **(Konrad Kyeser Von Eichstadt)** தமது 'பெல்லிஃபோர்டி' **(Bellifortes)** எனும் நூலில் பலவித ஏவூர்திகளை அட்டவணைப்படுத்தி உள்ளார்.

3

திப்பு சுல்தான் ராக்கெட்டுகள்

இந்தியாவில் 1565 ஜனவரி 5 அன்று நடைபெற்ற போரில் விஜயநகரப் படை 'ஆயுத ஏவூர்திகள்' செலுத்தின. 1572-ஆம் ஆண்டு அக்பர் தமது குஜராத் விஜயத்தின் போது நிகழ்த்தப் பெற்ற விழாக் கொண்டாட்டத்தில், திசை தவறிப் பறந்த ஏவுகணை ஒன்று நல்லவேளையாக யார் மீதும் விழாமல் ஒரு முட்புதருக்குள் புதைந்தது. 1589-ஆம் ஆண்டு கோல்கொண்டா இசுலாமி யப் படை எனும் ஔனந்துகீர், எனும் இராஜபுத்திரரை வளைத்தது. அதில் 10,000 ஏவூர்திப் படை வீரர்கள் இருந்தார்கள்.

1612-ஆம் ஆண்டு தௌலதாபாத் அருகே மராட்டிய ஏவுகணை ஒன்று ஜஹாங்கீரின் இராணுவ அதிகாரி ஒருவரது காலில் பாய்ந்து கொன்றதாம். 1657 மார்ச் மாதம் ஔரங்கசீப் நடத்திய முற்றுகையின்போது பிதார் கோட்டை அடிபணிய ஒரே ஒரு ஏவுகணையே காரணமாம். 1658 மே 29 அன்று ஔரங்கசீப் தமது சகோதரன் தாரா ஷுக்கோவுடன் ஏவூர்திப் போர் புரிந்தது வரலாற்று உண்மை!

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் இந்திய ஏவூர்திகளின் சீற்றம் உச்சம் அடைந்தது.

சார்லஸ் ஜோசப் பாத்திசியர் எனும் தளபதியின் கீழ் அணிவகுத்துப் படையெடுத்த பிரெஞ்சுப் படையினை, கருநாடக நவாப் வீரர்கள் கிஞ்சிக் குன்றுகளிலிருந்து ஏவூர்திகள் செலுத்தி எதிர்த்தனர்.

1753-ஆம் ஆண்டு பக்கீர்த் தோப்பிற்கு மூன்று கல் தொலைவிலுள்ள சமவெளிகளில் பிரிட்டிசுக்காரருக்கு எதிராகவும், 1755 மே மாதம் மதுரை அருகே கர்னல் அலெக்சாண்டர் ஹெரான் தலைமையிலான படைக்கு

எதிராகவும், 1757 ஜூன் 23 அன்று பிளாசி யுத்தத்திலும், 1778 டிசம்பர் 31 அன்று குண்டலா அருகே கர்னல் கே எனும் ஆங்கிலப் படைத்தளபதியைக் கொன்ற போரிலும் கையாளப்பெற்ற ஏவூர்திகளின் வரலாறு நீண்டு செல்கிறது. இப்படியே வெள்ளையருக்கு எதிராகத் தொடங்கிய ஏவுகணை யுத்த வரலாற்றில் 1791, 1792, 1799 ஆகிய ஆண்டுகளில் மைசூர் அருகே ஸ்ரீரங்கப்பட்டணப் போரில் மொகலாய மன்னர் திப்பு சுல்தான் செலுத்திய ஏவூர்திகள் பற்றி ரோட்ரிக் மக்கென்சி, மார்க் வில்கஸ் ஆகிய ஆங்கிலப் படைத்தளபதியர் எழுதியுள்ள வரலாற்றுக் குறிப்புகள் மிக முக்கியம் ஆனவை.

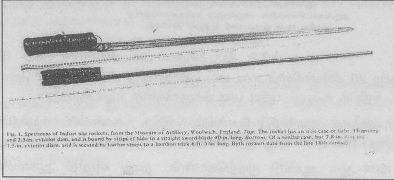
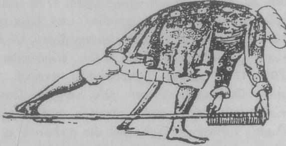


Fig. 1. Specimens of Indian war rockets, from the Museum of Artillery, Woolwich, England. *Top:* The rocket has an iron case or tube. 10-in. long and 2.3-in. exterior diam. and is bound by strips of hide to a straight sword-blade 40-in. long. *Bottom:* Of a similar case, but 7.8-in. long and 1.5-in. exterior diam. and is secured by leather straps to a bamboo stick 6-ft. 3-in. long. Both rockets date from the late 18th century

படம் 3.1: திப்பு சுல்தான் கையாண்ட ராக்கெட்டுகள் 10 அங்குல நீளமும் 2.3 அங்குலக் குறுக்களவும் கொண்டவை. 40 அங்குல நீளம் உடைய வாள் கைப்பிடியில் பொருத்தப்பட்டு உள்ளன.

இத்தகைய ஆதாரங்களின் அடிப்படையில் நோக்கினால் வில்லியம் கான்கிரீவ் **(Colonel William Congreve)** என்கிற ஆங்கில இராணுவப் படைக்கலன் நிபுணர் நம் நாட்டில் திருத்தி வடிவமைத்த 'புதிய' ஏவூர்தி வேறொன்றுமில்லை. அது நம் நாட்டு திப்பு சுல்தான் ராக்கெட்டு தான்! (படம் 3 :1).

இந்திய வரலாற்றில், மைசூர் மன்னராயிருந்த திப்பு சுல்தான் 1792-இல் சார்லஸ் கார்ன்வாலிஸின் பிரிட்டிஷ் படைகளுக்கு எதிராக நடத்திய ஸ்ரீரங்கப் பட்டணப் போரில், ஆங்கிலப் படைமுகாம்களை ஏவுகணைகளால் தீக்கிரை யாக்கினார். (படம் 3 : 2). இந்த யுத்தத் தளவாடம் ஆங்கிலேயர் கவனத்தை ஈர்த்தது. திப்பு சுல்தான் கையாண்ட தீக்கணைகளைக் கைப்பற்றிப் பிரபலம் அடைந்தவர் கர்னல் வில்லியம் கான்கிரீவ் என்னும் ஆங்கிலேயர் என்பது அனைவருக்கும் தெரிந்ததாகும். வில்லியம் கான்கிரீவ் எனும் போர்க்கருவி வல்லுநர் இந்திய ஏவுகணைகள் பற்றித் தீவிரமாக ஆராய்ந்தார். இறுதியில்,



இலண்டன் விக்டோரியா ஆல்பெர்ட்
அருங்காட்சியகத்தில் பாதுகாத்து வைக்கப்பட்டுள்ள
பிந்திய 18–ம் நூற்றாண்டு இந்திய ராக்கெட்
(நன்றி: JBIS, தொகுப்பு 35, 1982)

படம் 3.2: திப்பு சுல்தான் படைவீரர்

ஏறத்தாழ 20 கிலோகிராம் எடையை ஒன்றிரண்டு கிலோ மீட்டர் தொலைவு வரை எறியக் கூடிய புதிய படைக்கருவிகளை வடிவமைத்தார்.

ஏவுகணை வளர்ச்சிப் போக்கில், இந்த கான்கிரீவ் ஏவூர்திகளின் வரலாற்றுப் பின்னணி ஒரு குறிப்பிடத்தக்க திருப்பு முனை எனலாம்.

1804-ஆம் ஆண்டு முதற்கொண்டே தமது ஏவூர்தி ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டார் கான்கிரீவ் (படம் 3.3). அரசவைப் பாசறை **(Royal Arsenal)** அருகே



படம் 3. 3 : ஆங்கிலப் படைத் தளபதி வில்லியம் கான்கிரீவ்

1805-ஆம் ஆண்டின் செப்டம்பர் மாதத் தொடக்கத்தில் அவர் பறக்கவிட்ட ராக்கெட்டுகளைக் கண்டு அதிசயித்தார் பிப்ஸ் **(Phipps)** எனும் இராணுவ அதிகாரி. நேராக அவரை காஸ்ட்லெர்லீ பிரபு **(Lord Castlerleigh)** என்கிற அன்றைய இங்கிலாந்து பிரதமரிடம் அழைத்துச் சென்றார்.

அரசவைத் தளவாடத் துறைக்கு ஏற்கெனவே பழக்கம் ஆனவர் கான்கிரீவ். இவரது தந்தை வில்லியம் கான்கிரீவ் அரசவைப் போர்த் தளவாட ஆய்வுக்கூடத்தின் முன்னாள் உயர் அலுவலர் ஆவார்.

இவ்விதமாக கான்கிரீவ் ஏவூர்திகள் ராஜ கவனிப்புக்கு உள்ளாயின. ஏறத்தாழ அடுத்த ஒரே ஆண்டிற்குள் நடைபெற்ற மூன்று கள யுத்தங்களிலும் கான்கிரீவ் ஏவுகணைகள் இடம்பெற்றன.

யுத்த களங்களில்...

1805 நவம்பர் 8 அன்று ஆங்கிலக் கால்வாய்க்கு அக்கரையில் பூலோன் **(Boulogne)** எனும் துறைமுகத்தில் நின்றிருந்த பிரெஞ்சுக் கப்பல்களைக் கான்கிரீவ் ஏவுகணைகள் குறிவைத்தன. எனினும் அங்கு வீசிய கொடுங் காற்றின் தாண்டவத்தினால் அந்த ஏவுகணை யுத்தம் தொடர்ந்து நடைபெற இயலாமல் போயிற்று.

பின்னர் 1806 ஏப்ரல் வாக்கில் கான்கிரீவ் நண்பரான வில்லியம் சிட்னி ஸ்மித் **(William Sydney Smith)** எனும் இத்தாலியத் தளபதி பிரெஞ்சு நாட்டிற்கு எதிராகத் தம் எல்லையைப் பாதுகாக்கும் போரில் கான்கிரீவ் ஏவுகணைகள் சிலவற்றைப் பெற்று, கேட்டா **(Gaeta)** நகர் அருகே வீசினாராம்.

1806 அக்டோபர் 8 அன்று நடந்த போரின்போது பூலோனில் பிரெஞ்சு மாவீரன் நெப்போலியனின் கடற்படை மீது இங்கிலாந்து ஏறத்தாழ 200 ஏவூர்திகளைச் செலுத்தியது. மூன்றாவதான இந்நிகழ்ச்சியே, கான்கிரீவ் ஏவுகணை வரலாற்றில் முதலாவது கான்கிரீவ் ஏவுகணைப் போர் என்னும்படியான முக்கியத்துவம் பெற்றது.

அவ்வாறே 1807 செப்டம்பர் 2 முதல் 5 வரையிலான மூன்று நாள்கள் போரிலும் இங்கிலாந்து பல நூறு ஏவுகணைகளை டென்மார்க் நாட்டுத் தலைநகரான கோபன்ஹேகன் மீது செலுத்திற்று. நெப்போலியன் கைக்குள் டென்மார்க் கப்பல்கள் எங்கே சிக்கிக்கொள்ளுமோ என்னும் அச்சத்தில் டென்மார்க்கை அடக்கும் இங்கிலாந்தின் முயற்சியே போரின் ஆரம்பமாகும்.

டென்மார்க்கில் ஏவுகணைக் கம்பெனி

எனினும் போர் முடிவில் எரியாத கான்கிரீவ் ஏவுகணைகள் சிலவற்றைச் சேகரித்தார் அண்ட்ரீ ஃபிரடெரிக் சுமேக்கர் **(Andreas Frederick Schumacher)** என்னும் டென்மார்க் இராணுவப் பொறியியலார்; சொந்தமாக ஏவூர்தி ஆராய்ச்சி தொடங்கினார். நான்கே ஆண்டுகளுக்குள், அதாவது, 1813 பிப்ரவரி மாதத்திற்குள் டென்மார்க் ஏவுகணைப் படை தயார் ஆனது. ஐரோப்பா கண்டத்தில் எழுந்த முதலாவது 'ராக்கெட் கம்பெனி' **(Rocket Company)** அது.

டென்மார்க்கைப் பின்பற்றி பிரஷ்யா (1816), ஆஸ்திரியா (1817), போலந்து (1827), ரஷியா (1827), பிரான்சு (1828), சுவீடன் (1833), சுவிட்சர்லாந்து (1853) எனப் பல நாடுகளும் நிரந்தர ஏவுகணைப் படைக்கலன்களை உருவாக்கின. போர்ச்சுக்கல், ஸ்பெயின், ஹாலந்து, அமெரிக்கா முதலான நாடுகளோ தற்காலிகத் தேவைக்கேற்ப ஏவுகணைகளைத் தயாரித்துக் கொண்டன.

ஏவூர்தி வினா – விடைப் போட்டி

ஏவூர்தி பற்றிய ஆர்வம் உலகெங்கும் பரவியது. இதற்கிடையில் 1810-ஆம் ஆண்டில் ஏவூர்திகளின் இயங்கியல் **(dynamics)** குறித்த கட்டுரைப் போட்டி ஒன்றினை அறிவித்தது டென்மார்க் நாட்டு அரசவை அறிவியல் மற்றும் கலைக் கழகம் **(Royal Danish Academy of Science and Letters)**. அரசவை வானவியலரும், கணித மேதையுமான கழகச் செயலர், தாமஸ் புக் தயாரித்த அந்த அறிவுப் போட்டியில் கேட்கப்பட்ட வினாக்கள் வருமாறு:

கான்கிரீவ் நெருப்புக்கணை போலக் குழல் வடிவ ஏவூர்தி – அடிவானத்திற்கு ஒரு குறித்த எழு கோணத்தில் தீச்சுடர் விட்டு தொடர்ச்சியான விசையுடன் உந்தப்படுகிறது. அதனுள் பொருள் எரியுந்தோறும் ஏவூர்தி எடை குறைந்துகொண்டே வரும் என்பதும் தெரியும். கேள்வி இதுதான்:

(1) எரிபொருள் அதன் மைய அச்சிற்குச் செங்குத்தான படலங்களாக அல்லாமல் எரிவதானால் ஏவுகணைப் பாதை (தடம்) எவ்வாறு இருக்கும்?

(2) இத்தகைய சூழலில் நேரும் குளறுபடிகளை எவ்வாறு நிவர்த்தி செய்யலாம்?

(3) ஏவுகணை தன் எரிபொருள் கனற்சிப் பரப்பு **(Combustion surface)** அதிகரித்திட அதன் நடுவே துளையிடல் வேண்டும் அல்லவா? அதிகப் பயன் பெற அத்துளையமைப்பு எவ்வாறு இருக்க வேண்டும்?

புறக் காற்றழுத்தமும், தடையும் முதலான இயற்பியல் அளவீடுகளைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொண்டு பதிலிறுப்பதையே கழகம் விரும்புகிறது. எனினும் இவை இல்லாவிட்டாலும் மேற்குறித்த மூன்று வினாக்களுக்கு உரிய விடை அனுப்புவோர்க்குத் தக்க சன்மானம் வழங்கப்படும்.''

இம்மாதிரியான அறிவியல் போட்டிகளுக்கு எல்லாம் அன்றும் அதிக விடைகள் வராது போலும்.

பிரெஞ்சு, ஜெர்மன் நாடுகளில் இருந்து மொத்தத்தில் இரண்டு கட்டுரைகள் மட்டுமே வந்தன. இரண்டுமே ஆழ்ந்த அறிவும், பகுப்பாய்வுத் திறமையும் மிக்கவை. எனினும் எதுவுமே பரிசுக்கு உகந்ததாக இல்லை என்று தீர்ப்பு அளித்தது கழகம். போட்டி 1812-ஆம் ஆண்டு மீண்டும் மறு அறிவிப்பானது. இங்கிலாந்தில் இருந்து வந்த ஆய்வுரை ஒன்று பரிசினை வென்றது.

கான்கிரீவின் நண்பரும், 1806-ஆம் ஆண்டு முதல் அரசவை இராணுவக் கழகத்தின் **(Royal Military Academy)** கணிதப் பேராசிரியருமான வில்லியம் மூர் **(William Moore)** அனுப்பிய விடை அது.

நிக்கோல்சன் **(Nicholson)** நடத்தி வந்த 'இயற்கைத் தத்துவ சஞ்சிகை' **(Journal of Natural Philosophy)** இதழிலும் டென்மார்க் ஏவுகணைப் போட்டி அறிவிப்பாகி இருந்தது. 1811-ஆம் ஆண்டு வரை ஏவுகணை இயக்கம் குறித்து எத்தனையோ கணித ஆய்வுக் கட்டுரைகள் எழுதியவர் நிபுணர் வில்லியம் மூர். அந்த அறிவியல் சஞ்சிகையின் ஆஸ்தான எழுத்தாளரும் ஆவார். 1813-ஆம் ஆண்டு அவர் வெளியிட்ட 'ஏவூர்திகள் இயக்கம் குறித்த ஆய்வுரைத் தொகுப்பு' **(A Treatise on the Motion of Rockets)** எனும் நூல் குறிப்பிடத்தக்கது.

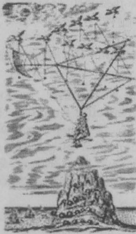
அக்கட்டுரையில், நியூட்டனின் மூன்றாம் இயக்கவிதி அடிப்படையில் விசை **(force)**, ஒப்பு உந்து விசை எண் **(Specific Impulse)** போன்ற அளவீடுகள் முதன் முதலாக வரையறுக்கப் பெற்றன. துல்லியமான கணிப்புகளால் ஏவூர்தி தன் இறுதித் தொலைவு, விரைவு குறித்து எல்லாம் அறிய முடியும். அத்துடன் ஏவூர்தி காற்றுமண்டலத் தடையையும் மீறி உயர் வளிமண்டலத்தையும் கடந்து பறக்கவும் கூடும் எனும் தொலைநோக்கினை அவரே வெளியிட்டார்.

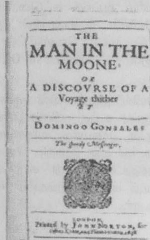
4

புதினங்களில் விண்ணூர்திகள்

ஏவுகணைகளின் ஆயுதப் பயன்பாடு ஒருபுறமிருக்க, அவற்றையே வளிமண்டல ஆராய்ச்சி, விண்வெளித் தேடல் போன்ற ஆக்கப்பூர்வச் செயல்பாடுகளிலும் கையாளலாமே! இந்த வகையில் ஒரு ஏவுகணையை விண்வெளிப் பயணத்திற்கு உரிய வாகனமாகப் பயன்படுத்தலாம் என்னும் அறிவுபூர்வச் சிந்தனையும் வெளிப்பட்டது.

நம் நாட்டைப் போலவே மேலைநாடுகளிலும் விண்வெளிப் பயணம் குறிப்பாக, சந்திரப் பயணம் பற்றிச் சிந்திக்காத அறிஞரே உலகில் இல்லை எனலாம்.




THE
MAN IN THE
MOONE
OR
A DISCOVRSE OF A
Voyage thither
BY
DOMINGO GONSALES
The speedy Messenger.

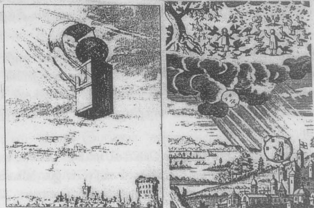
LONDON,
Printed by JOHN NORTON, for

படம் 4.1: பிரான்சிஸ் காட்வின் எழுதிய 'சந்திரனில் மனிதன்' நூலில் பறவைகளால் தாங்கப்படும் 'இயந்திர' (engine) உதவியால் நிலாப் பயணம் செல்லும் புனைகதைக் காட்சி

ஜோஹன்னஸ் கெப்ளர் மறைவிற்குப் பிறகு 1634-ஆம் ஆண்டு வெளியான அவரது 'சோம்னியம்' **(Somnium)** எனும் கனவு பற்றிய நாவலில் பனி நாட்டுக் கதாநாயகன் 'துராக்கோட்டஸ்' **(Duracotus)** சந்திர கிரகண இருட்டுப் பாலத்தினூடே பூதங்களினால் சுமந்து செல்லப்பட்டு, பூமியிலிருந்து நிலாவுக்குப் பயணம் புரிகிறான்.

1638-ஆம் ஆண்டு வெளியான 'சந்திரனில் மனிதன்' **(The Man in the Moon)** எனும் நூலில் பிரான்சிஸ் காட்வின் **(Francis Godwin)** தீட்டும் கதாநாயகன் தாமிங்கோ கான்சேலி **(Domingo Consales)** நிலா அன்னப் பறவைகளின் கால்களில் கட்டப்பட்ட பாய்மரச் சட்டத்தில் அமர்ந்தவாறு சந்திரனுக்குக் கிளம்புகிறான். (படம் 4 : 1).

சைரானோ-டி-பெர்ஜெராக் **(Cyrano-de-Bergerac)** எழுதி 1657, 1662-ஆம் ஆண்டுகளில் வெளிவந்த சந்திர சூரியப் பயணப் புதினங்கள் பற்றிய 'கற்பனை வரலாறுகள்' **(Histoire comique)** எனும் இரண்டு தனித்தனி புனை கதைகளில் ஏவூர்தியின் அடிப்படை நுட்பம் விவரிக்கப்படுகிறது. (படம் 4 :2). ஒளி வில்லை பொருத்திய பெட்டகத்தினுள் குவித்து அனுப்பப் பெறும் சூரியக் கதிர்களால் சூடான உட்காற்று அழுத்தம் குறைந்ததும் புறக்காற்று வேகத்துடன் பெட்டகத்தினுள் சீறி நுழைவதால் பெட்டகம் முன்னுக்கு உந்தித் தள்ளப் படுமாம். இந்தக் கருத்தோட்டம் வெறும் புனைகதை அன்று; அறிவியல் உண்மையாகும்.



படம் 4.2: சைரானோ .டி. பெர்ஜெராக் எழுதிய நூலில் சூரியன் நோக்கிப் பறக்கும் பெட்டகம்.

காலியான கோழி முட்டை ஓட்டுக்குள் பனித்துளிகளை நிறைத்து உச்சி வெயில் நேரத்தில் ஆவியாக்கினால், வானில் பறக்கலாம் என்பது தாமஸ் லுப்தன் **(Thomas Lupton)** கண்ட படைப்பியல் உத்தியாகும். 1686-ஆம் ஆண்டு பெர்னார்டு-டி-ஃபான்டினெல்லா **(Bernard-de-Fontinella)** 'உலகங்களின் பன்மை' **(Plurality of Worlds)** எனும் வானநூலை எழுதி வெளியிட்டார்.

அதிவக்கிரத் தும்மல் சீற்றத்தினால் ஆளைச் சந்திரனுக்கு அனுப்பலாம் என்றுரைத்த காப்ரியல் டானியல் என்னும் பாதிரியார் வாக்கு வெறும் கற்பனை மட்டுமன்று; வேகவிசை குறித்த அறிவார்ந்த மனப்பாய்ச்சல் அல்லவா?

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டுத் தொடக்கத்தில் இத்தகைய அறிவியல் கருதுகோள்களில் புதுப்பொலிவு நிகழ்ந்தது.

1726-ஆம் ஆண்டு ஜோனத்தான் ஸ்விஃப்ட் எழுதிய 'கலிவர் பயணம்' **(Gulliver's Travel)** எனும் அறிவியல் புதினத்தில் 'லுப்தா' என்னும் ஒரு தீவு காந்தப்புலத்தினால் உந்தப்பட்டு முழுமையாக விண்ணில் பறக்கிறது.

அரக்கினாலான கோளங்களை உருட்டி காந்தவிசை உருவாக்கி அதனையே உந்து சக்தியாக்கிச் சந்திரனுக்கு ஓட்டிச் செல்லத்தகும் வாகனத்தினை பியர் ஜாக்கெப்போ மார்த்தெலோ **(Pier Jacopo Martello)** விவரித்தார். 1727-ஆம் ஆண்டு வெளிவந்த (ஆசிரியர் பெயரில்லாத) 'காக்லோ கலீனி காவுக்கு நெடும் பயணம்' **(A Voyage to Cacklogallinica)** எனும் நூலொன்றில் பறவைகளால் தூக்கிச் செல்லப்படும் வானவூர்தி பற்றிய சிந்தனை மீண்டும் வெளிப்பட்டது.

1728-ஆம் ஆண்டு முர்டாக் மக் தெர்மோட் **(Murtagh Mac Dermot)** என்னும் ஸ்காட்லாந்து நாவலாசிரியர் தம் புனைகதையில் குறிப்பிடுவது நவீனமானது. 700 வெடிமருந்துப் பீப்பாய்களை வெடிக்கச் செய்து அதன் உந்து விசையினால் மனிதனைச் சந்திரனுக்குத் தூக்கி எறியப் பண்ணும் உத்தியாகும்.

டாரிசெல்லி, ஆட்டோவான் குயெர்க்கி, ராபர்ட் பாயில், காஸ்பெர் ஷாட், பிரான்சிஸ்கோ-டி-மெண்டோசா போன்றோர் காற்றின் இயற்பியல் பண்புகளைக் கண்டறிவித்தனர். எனில், அடர்த்தி குறைந்த லேசான வெற்றிடத்தால் நிரப்பப்பட்ட (காலியான) செப்புக் கலன்கள் நான்கினை இருக்கையில் கட்டிப் பறக்கலாம் என்றார் டி-லூனா 1744-ஆம் ஆண்டில்!

ரால்ஃப் மாரிஸ் **(Ralph Morris)** 1751-ஆம் ஆண்டில் 'பறவை விமானம்' **(Ornithopter)** உதவியுடன் சந்திரப் பயணம் புரிவதை விளக்கினார். 1752-இல் வால்டேர் தமது 'மைக்ரோ மெகாஸ்' எனும் கற்பனை வாகனம் பற்றிக் கதை புனைந்தார். லுப்தகம் **(Sirius)** எனப்படும் விண்மீனிலிருந்து அரக்கன் ஒருவன் சனிக் கிரகத் தோழனுடன் அடிக்கடி அவ்விண்ணூர்தியில் பூமிக்கு வந்து செல்வானாம். 1766-ஆம் ஆண்டு ஃபிலிப்போ மார்கென் **(Filipo Morghen)** என்பவரால் தொகுக்கப் பெற்ற ஓவியக் களஞ்சியத்தின் திருத்திய மூன்றாம் பதிப்பில் ஹைடிரஜன் பலூனும் பறவை விமானத்துடன் இணைத்துச் சித்திரிக்கப்பட்டுள்ளது.

1775-ஆம் ஆண்டில் எம்.டி.எல். ஃபோலி-டி-ரூயன் **(M.D.L. Folie de Rouen)**, 'சின்டில்லா' **(Scintilla)** எனும் மின் உந்துப்பொறி மூலம் புதன் கோளுக்குப் பயணம் செய்யும் கற்பனையை எழுத்தோவியம் ஆக்கினார். நமது பஞ்சதந்திரக் கதைகளிலும் அரபியப் பறக்கும் கம்பளக் கற்பனைக் கதைகளிலும் வருவது போன்ற கருத்தோட்டமாகும் அது.

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டுத் தொடக்கத்தில், 1827-ஆம் ஆண்டு ஜார்ஜ் டக்கர் **(George Tucker)** 'சந்திரனுக்கோர் நெடும் பயணம்' **(A Voyage to the Moon)** எனும் நூல் ஒன்றை எழுதினார். அதில் நிறை ஈர்ப்பு எதிர்விசை **(antigravity)** உதவியால் பூமியிலிருந்து விடுபட்டு விண்வெளிக்குப் பறக்கலாம் என்று அறிவித்தார். அவர் எடுத்தாண்ட அந்த எதிர் நிறை ஈர்ப்புப் பொருளின் பெயர் 'லுனாரியம்' **(Lunarium)** என்பது ஆகும்; அபாரக் கற்பனை. வெர்ஜீனியா பல்கலைக்கழகத்தில் டக்கரின் மாணவரான எட்கர் ஆலன் போ **(Edgar Allan Poe)** தமது ஆசானைப் பின்பற்றிச் சந்திரப் பயணக் கதை ஒன்றை எழுதினார். 1835-ஆம் ஆண்டு வெளியான 'ஹான்ஸ்பாலின் இணையற்ற சாதனைகள்" **(The Unparalleled Adventures of Hans Pfaal)** எனும் தொகுப்பில் அக்கதை இடம் பெற்றது. ஆலன்போ கூட பலூன் நுட்பத்தைக் கைவிடவில்லை.

புவி ஈர்ப்புக்கு எதிராக இயங்கும் 'காந்த பலூன்' வாகனங்கள் குறித்து ஜே.எல். ரிட்டெல் **(J.L. Riddell)** 1847-ஆம் ஆண்டு வெளியிட்ட நூலில் **(Orrin Lindsay's Plan of Ariel Navigation and his Wonderful Voyage around the Moon)** சில தகவல்களைக் காணலாம்.

ஆயினும் 1852-ஆம் ஆண்டு எல்பெர்ட் பெர்சி **(Elbert Perce)** எழுதிய 'கலிவர் ஜோயி' **(Gulliver Joi)** எனும் நூலில்தான் முதன்முதலாக ஏவூர்தியினால் உந்தப்படும் வாகனம் பற்றிய தகவல் நுட்பம் தென்படுகிறது.

உலோகத்தாலான கனற்சி அறை **(Combustion Chamber)**, புறக்கூம்புக் குழாய் **(nozzle)** மற்றும் வலவன் அறை, கட்டுப்பாட்டு அறை வசதிகளுடன் கூடிய நவீன விண்ணூர்தியின் முன்னோடியாகும் அது.

தொடர்ந்து, ரிச்சர்ட் ஆடம்ஸ் லாக்கி **(Richard Adams Locke)** 1859-ஆம் ஆண்டு எழுதிய 'சந்திரப் புரளி' **(Moon Hoax)**, பிரெஞ்சு நாவலாசிரியர் ஜூலி வெர்னி **(Jule Verne)** படைத்த 'பூமியிலிருந்து சந்திரன் வரை' **(From the Earth to the Moon, 1865)**, 'சந்திரனைச் சுற்றி' **(Around the Moon, 1870)** (படம் 4 : 3); 1870–இல் எட்வர்ட் எவரெட் ஹாலே **(Edward Everette Hale)** எழுதிய 'செங்கல் சந்திரன்' **(Brick Moon, 1869)**; லாசிவிட்ஸ் **(Lessiwitz)** 1897-இல் வெளியிட்ட 'கிரகங்களைப் பற்றி'; ஜி.எச். வெல்ஸ் **(G.H. Wells)** 1898-ஆம் ஆண்டு எழுதிய 'உலகங்களிடையே போர் **(War of the Worlds)** போன்ற குறிப்பிடத்தக்க விண்பயண நூல்களினூடே இருபதாம் நூற்றாண்டில் அடியெடுத்து வைத்தது ஏவூர்தித் தொழில்நுட்பம்.



ROUND THE MOON.

INTRODUCTION.

PRELIMINARY CHAPTER.

CONTAINING A SHORT ACCOUNT OF THE FIRST PART OF THIS WORK TO SERVE AS PREFACE TO THE SECOND.

DURING the course of the year 186— the entire world was singularly excited by a scientific experiment without precedent in the annals of science. The members of the Gun Club, a circle of artillerymen established at Baltimore after the American war, had the idea of putting themselves in communication with the moon—yes, with the moon—by sending a bullet to her. Their president, Barbicane, the promoter of the enterprise, having consulted the astronomers of the Cambridge Observatory on this subject, took all the precautions necessary for the success of the extraordinary enterprise, declared practicable by the majority of competent people. After having solicited a public subscription which produced nearly 30,000,000 of francs, it began its gigantic labours.

According to the plan drawn up by the members of the observatory, the cannon destined to hurl the projectile was to be set up in some country situated between the 0° and 28° of north or south latitude in order to aim at the moon at the zenith. The bullet was to be endowed with an initial velocity of 12,000 yards a second. Hurled on the 1st of December at thirteen minutes and twenty seconds to eleven in the evening, it was to get to the

படம் 4.3 : ஜூலி வெர்னியின் 'சந்திரனைச் சுற்றி' (1870)எனும் நூலின் ஒரு பகுதி

5

நவீன ஏவூர்திகள் தோற்றம்

எச்.ஜி. வெல்ஸ் எழுதிய 'உலகங்களிடைப் போர்' எனும் புனைகதை மாசச்சூஸெட்ஸ் மாநிலத்தில் மாப்பிள் குன்றின் பின்புறம், வொர்செஸ்டர் கிராமத்தில் ஒரு வீட்டில் வசித்து வந்த ராபர்ட் ஹூச்சிங் கொட்டார்டு **(Robert Hutchings Goddard)** என்னும் இளைஞரை வெகுவாகப் பாதித்தது. வெறுமனே செர்ரி மரத்தின் மேலேறிக் காய்ந்த கிளைகளை வெட்டிக் கொண்டிருந்தவர் மனத்தில் உதித்த சிந்தனையைப் பாருங்கள்!



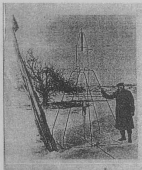
முக்காலியில் நிறுத்தி வைக்கப்பட்ட ஏவூர்திமூலம் சந்திரனுக்குச் சென்று இறங்கியவர், தான் போய்ச் சேர்ந்த விவரத்தைப் புவிமக்களுக்கு அறிவிக்க அங்கிருந்தவாறே தீயை மூட்டிச் சுடரேற்றிக் காட்டினாராம். அங்கே குளிர் அதிகமாம். மூச்சுவிடக் காற்று போதாதாம். தமது கனவுகளையும், கற்பனைகளையும் குழைத்து 1919-ஆம் ஆண்டில் "அதிகபட்ச உயரங்களைச் சென்று அடையும் வழிமுறை" **(A method of reaching extreme altitude)** என்னும் ஆய்வுக் கட்டுரையைத் தீட்டினார்.

படம் 5.1: எச்ஜிவெல்ஸ் எழுதிய 'சந்திரனில் முதல் மனிதன்' எனும் நூல்

அவரே 1926, மார்ச் 16-இல் உலகின் முதலாவது நீர்ம உந்து ஏவூர்தியினை **(Liquid Propellant Rocket)** வடிவமைத்துச் சாதனை படைத்தார் என்றால் வேறு சொல்வானேன்? (படம் 5 : 2)

“செவ்வாய்க்குப் பயணம் செய்ய ஒரு வாகனம் மட்டும் என் வசம் இருந்தால் எப்படி இருக்கும்? அங்கிருந்து நோக்கினால் பூமி மிகச் சிறியதாக இருக்குமோ?”

அவரது நாட் குறிப்புகளிலிருந்து நாமறியும் மேலும் சில தகவல்கள் வெகு சுவையானவை. வெல்ஸ் எழுதிய “சந்திரனில் முதல் மனிதன்” **(The First Man on the Moon,** படம் 5 : 1) என்னும் நூலை 1915-ஆம் ஆண்டு ஜூலை 19-இல் படித்ததாகவும், ஜூலை 29-இல் மீண்டும் புரட்டிப் பார்த்ததாகவும் ஆகஸ்ட் 8-ஆம் தேதி தானே கனவில் சந்திரப் பயணம் சென்றதாகவும் குறிப்பிட்டுள்ளார்.



படம் 5.2 : ராடர்ட் ஹீச்சிங் கொட்டார்டு திரவ ஈத்தர்-திரவ ஆக்சிஜன் உந்து எரிபொருளால் செலுத்திய உலகின் முதலாவது நீர்ம உந்து ஏவூர்தி

1932, ஏப்ரல் 20–இல் வெல்ஸுக்கு எழுதியதொரு பாராட்டுக் கடிதத்தில் இவ்வாறு குறிப்பிடுகிறார் கொட்டார்டு:

“இன்னும் எத்தனை ஆண்டுகள் இந்த ஆராய்ச்சியைத் தொடர்வேனோ, தெரியாது. வாழ்நாள் முழுவதுமாக இருக்கலாம் என்று பலமாக நம்புகிறேன். இலக்கிய ரீதியில் சொன்னாலும் சரி, இலக்கண ரீதியில் வரையறுத்தாலும் சரி, இதற்கொரு கால வரம்பே கிடையாது. ஏனெனில் விண்மீன்களுக்குச் செல்வதென்றால் உடனடியாக முடிகிற காரியமா? இதில் எவ்வளவு முன்னேற்றம் காண்கிறோம் என்பதனைவிடவும் ஒன்றைத் தொடங்கி வைக்கும் முனைப்பு இருக்கிறதே அதுவே பெரிய விஷயம்தான்.”

ஜெர்மன் மொழியில் லாசிவிட்ஸ் எழுதிய 'கிரகங்கள் பற்றி' எனும் புனைகதை, செவ்வாய்க் கோளுக்குப் பயணம் மேற்கொள்ளப் புவி தன் வட துருவமே உகந்தது என்று கருத்துரைத்தது. எது எப்படியோ? இந்த நாவல் வெர்னர் வான் பிரான் (**Werhner Von Braun**) என்னும் பொறியியலரை ஆட்கொண்டது. பிற்காலத்தில் ஜெர்மனியின் விண்வெளிப் பயணச் சங்கம் நிறுவிய மேதை இவரே! உலகின் முதலாவது நவீன ஏவுகணை "வி - 2" இவர்தம் படைப்பாகும்.

அவ்வாறே 1870-இல் ஜூலி வெர்னி (**Jules Verne**) என்னும் பிரெஞ்சு நாவலாசிரியர் தீட்டிய 'சந்திரனைச் சுற்றி' என்னும் புதினமே விண்வெளிச் சரித்திரத்தில் ஒரு புதிய திருப்புமுனையை நிறுவியது எனலாம்!

1865-இல் ஜூலி வெர்னி வெளியிட்ட 'பூமியிலிருந்து சந்திரன் வரை' (**From the Earth to the Moon**) என்னும் நாவலின் ஒரு பகுதி, 'சந்திரனைச் சுற்றி' எனும் நாவலில் தொடக்க முன்கதையாகத் தரப்பட்டு உள்ளது. அதில் ராட்சத பீரங்கி மூலம் சந்திரனுக்குப் பயணிகளைச் செலுத்தும் நுட்பம் விவரிக்கப் படுகிறது. அதனை ஒரு 'விண்வெளித் துப்பாக்கி' (**Space Gun**) என்றும் வர்ணிக்கிறார். செயற்கைக் கோள்கள் பூமியை வலம் வர ஏவிடும் நவீன விஞ்ஞான ஆராய்ச்சிக்குக் கால்கோள் நாட்டியது அந்நாவல்.

ஃபுளோரிடா மாநிலத்தில் ஜூலி வெர்னி தேர்ந்தெடுத்த டாம்பா ஏவுதளத்திற்கு ஏறத்தாழ 130 மைல் தொலைவில் தான் இன்றைய கென்னடி விண்வெளி மையம் இயங்கி வருகிறது என்பது குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

இதற்கிடையில் 1873-இல் மேக்ஸ்வெல் (**Maxwell**) எனும் அறிஞர் மின்காந்த அலைகள் குறித்த கொள்கையினை வெளியிட்டார். மார்க்கோனி (**Marconi**) என்ற மேதை வானொலி அலை இயல்புகளை விவரித்தார். 1886-இல் ஹெர்ட்ஸ் (**Hertz**) என்ற விஞ்ஞானி மின்காந்த அலைகளை உற்பத்தி செய்வித்தார். இன்றைய தொலைத்தகவல் தொடர்பினுக்கு (**Telecommunication**) அடிப்படைக் களங்கள் இவ்விதம் ஆரம்பம் ஆயின.

அதே காலகட்டத்தில் உருசியாவில் நிலவிய 'நொரோத்நயா வோல்யா' (**Norodnaya Volya**) என்னும் புரட்சிவாத இயக்கத்தைச் சேர்ந்த நிக்கோலாய் கிபால்சிக் (**Nikolai Kibalchich**) எனும் விஞ்ஞானியைப் பற்றிக் குறிப்பிட வேண்டும். வெடிகுண்டு தயாரித்து, ஜார் மன்னர் பயணம் செயயவிருந்த தொடர்வண்டித் தண்டவாளங்களைப் பிறழ வைக்க முனைந்த குற்றத்திற்காகத் தூக்குத் தண்டனை விதிக்கப்பட்டவர், அந்த 27 வயது இளைஞர். 1881-இல் பீட்டர்ஸ்பர்க் சிறைச்சாலையில் வைத்துக் கருத்தொன்று தெரிவித்தார்;காற்றைவிடக் கனமான கப்பல்களாகும் ஏவுகணைகள்,

வெடிமருந்துகளினால் விண்ணில் பறக்க விடப்படும் காலம் விரைவில் வரும் என்று திட்டவட்ட மாகவே எழுதினார். இக்கருத்தை அவர் வெளியிட்ட அதே ஆண்டில் மார்ச் 1881-இல் தூக்கிலிடப்பட்டார். ஆயினும் 'அக்டோபர் புரட்சி' வெடித்துக் கிளம்பும் வரை அந்த இளைஞரின் தீவிரவாதியின் அறிவியல் தொலை நோக்கு ஏனைய விஞ்ஞானிகளால் அங்கீகரிக்கப்படவே இல்லை.

1893-இல் ஹெர்மன் கான்ஸ்வின்த் (**Herman Ganswindt**) என்ற ஜெர்மன் ஆய்வாளர், வெடி மருந்துத் தூளினால் உந்தப்படும் ஏவுகணைகளை, கிரகங்களுக்குச் சென்று மீளும் போக்குவரத்திற்குப் பயன்படுத்தும் திட்டம் ஒன்றினை வெளியிட்டார்.

ஜூலி வெர்னியின் சிந்தனை, பதினாறு வயது ஹெர்மன் ஒபார்த் (**Herman Oberth**) என்னும் ஜெர்மானிய இளைஞரை வெகுவாகப் பாதித்தது. பிற்காலத்தில் 1923-ஆம் ஆண்டு இவரே ஏவூர்தி இயக்கக் கணிதச் சமன்பாடு களை வரையறுத்தார்.

ஜூலி வெர்னியால் தாக்கம் பெற்றவர்களில் மிக முக்கியமானவர் 'விண்வெளி இயலின் தந்தை' என்றழைக்கப்படும் கான்ஸ்டன்டின் சியோல்-கோவ்ஸ்கி (**Konstantin Tsiolkovsky, 1857-1935**) என்ற உருசியப் பள்ளியாசிரியர். (படம் 5 : 3). ஏழைக் குடும்பத்தில் பிறந்து, கல்வி வசதிகள் ஏதும் இன்றித் தம் வாழ்வைத் தொடங்கியவர். தம் காது கேளாக் குறையையும் பொருட் படுத்தாமல் சொந்த முயற்சியினால் உழன்று, பயின்று இயற்பியல் ஆசிரியரானார். இவரே முதன் முதலில் மண்ணெண்ணெய் அல்லது திரவ ஹைடிரஜனுடன் திரவ ஆக்ஸிஜனைக் கலந்து எரிபொருள் தயாரித்து ஏவூர்திகளை இயக்கலாம் என்று நிரூபித்தவராவார்.



படம் 5.3 : 'விண்வெளி இயலின் தந்தை' கான்ஸ்டன்டின் சியோல்ஸ் கோவ்ஸ்கி

ஒரு ஏவூர்தியிலேயே பல கட்டங்களை (**Multi-stages**) அடுக்கி வைப்பது, கூட்டுப் பொறிகளை (**Clustered engines**) இணைப்பது போன்ற நவீன ஏவுகணையியல் (**Modern Rocketry**) பற்றியும் குறிப்பிட்டார்.

1903-ஆம் ஆண்டு முதன்முறையாக ரைட் சகோதரர்கள் **(Wright Brothers)** ஆகாய விமானமாகிய காற்றூர்தியை வானில் பறக்கவிட்டு வெற்றி கண்டனர். அதே ஆண்டிலேயே சியோவ்கோல்ஸ்கி எழுதிய "ஏவூர்தி உந்து வாகனங்களால் அண்டவெளி ஆராய்ச்சி" **(Exploration of the Universe with Rocket-propelled Vehicles)** என்கிற தொகுப்பு நூல் வெளிவந்தது. "மனிதன் பூமியாகிய மனத் தொட்டிலிலேயே என்றென்றைக்கும் முடங்கிக் கிடக்க முடியாது. அவன் 2017-இல் அண்ட வெளிக்குள் சென்று நுழைவான்" என்று 1911–இல் தீர்க்கதரிசனமாகக் கூறினார்.

இதற்கிடையில் வானொலி, தொலைபேசி, தந்தி போன்ற பல தகவல் தொடர்பு சாதனங்களும் உதித்தன.

இக்காலகட்டத்தில் "தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள்கள் நம்மிடையே பிரிவினைகளை அகற்றி உலகமாகிய பெருங் கிராமத்து வாசிகளாக நம்மை ஒன்றிணைத்து அரைகுறையாயினும் ஒரு மொழியே கற்கவும், பேசவும் பயிற்றுவிக்கும். நிலநடுக்கோட்டின் மேல் 36000 கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் பறந்து புவிசுற்றுகின்ற 'மின்னணுவியல் கருவிகள்' உதவியினால் நாம் பழைய யுகத்தின் இறுதி நூற்றாண்டினைக் கடந்து விடுவோம். மனித இனத்தின் கற்காலம் அத்துடன் முடிந்து விடும்" என்று 'கம்பியில்லாத் தொடர்பு உலகம்' **(Wireless World)** எனும் அறிவியல் சஞ்சிகை 1945 அக்டோபர் இதழில் வெளியிட்ட அறிஞர் ஆர்தர் சி. கிளார்க்கின் (படம் 5 : 4) கருத்தோட்டம் இன்று மகத்தான விண்வெளிப் புரட்சியையே உருவாக்கியுள்ளது. அவர் குறிப்பிட்ட மின்னணுக் கருவிகளே இன்றைய செயற்கைக்கோள்கள் ஆகும்.

ஆரம்ப நாள்களில் தீக்கணைகளாகவும், ஏவுகணைகளாகவும் வளர்ச்சி கண்ட ஏவூர்தித் தொழில்நுட்பம், வானவெளியில் புவி சுற்றும் மின்னணுக் கருவிகளைப் பறக்கவிடும் ஏவுகலன்கள் **(Launch Vechicles)** ஆக மறுவடிவம் பெற்றன.

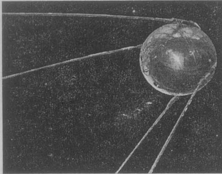


படம் 5.4: ஆர்தர் சி. கிளார்க்

1954-ஆம் ஆண்டு அமெரிக்க இயற்கை வரலாற்று அருங்காட்சியகம் **(American Museum of Natural History)** அறிஞர் ஆர்தர் சி. கிளார்க் **(Arthur C. Clarke)** தலைமையில் விண்வெளிப்பயணக் கருத்தரங்க மாநாடு ஒன்றினை நடத்தியது. அதில் அமெரிக்க வானிலைக் குழுத் **(U.S.Weather Bureau)**

தலைமை ஆய்வாளர் டாக்டர் ஹாரி வெக்ஸ்லர் **(Harry Wexler)** என்பவர் செயற்கைக்கோள்களின் வானிலையியல் **(Meteorology)** பயன்பாடுகள் குறித்து ஆய்வுக் கட்டுரையொன்றை அளித்தார்.

சோவியத் யூனியனில் அறிவியல் அகாதமியின் கீழ் இயங்கி வரும் 'கோள்களிடைத் தகவல்களுக்கான பல்துறைக் குழு' **(Interdepartmental Commission on Inter-Planetary Communications)** 1955 ஏப்ரல் மாதம் ரஷிய செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன் குறித்து அறிக்கை வெளியிட்டது.

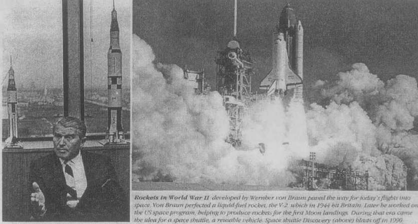


படம் 5.5: உலகின் முதலாவது செயற்கைக்கோள்-ரஷிய நாட்டு 'ஸ்புட்னிக்'

இறுதியில் 1957 ஏப்ரல் 4 அன்று உலகின் முதலாவது செயற்கைக் கோளான ஸ்புட்னிக்-1 செலுத்தப் பட்டது. (படம் 5 : 5). எடை 83.6 கிலோ கிராம். இது 58 சென்டிமீட்டர் குறுக்களவு கொண்ட கோளகம். 947 கிலோ மீட்டர்கள் தொலைவிலும் 227 கிலோ மீட்டர்கள் அருகிலுமான சுற்றுப் பாதையில் பறந்தது.

இத்தருணத்தில் அமெரிக்கப் பாதுகாப்புச் செயலர் தம் நாட்டிலும் செயற்கைக்கோள் திட்டத்தைத் துரிதப்படுத்துமாறு டாக்டர் வான் பிரானுக்கு முழு அதிகாரம் வழங்கினார். (படம் 5 : 6)

இதற்கிடையில் விண்வெளி யுகத்தின் தொடக்க நிகழ்வாக 'பன்னாட்டு புவி இயற்பியல் ஆண்டு' (1957 ஜூலை முதல் 1958 டிசம்பர் வரை) அறிவிக்கப் பெற்றது. அதே ஆண்டுக்குள் செயற்கைக்கோள் செலுத்தியாக வேண்டும் என்று அமெரிக்காவும் முனைப்பாக ஈடுபட்டது. கலிஃபோர்னியத் தொழில் நுட்பப் பயிற்றகத்தின் தாரை உந்தும ஆய்வக **(Jet Propulsion Laboratory)** உதவியால் சிறியதொரு செயற்கைக்கோள் செலுத்தும் முயற்சி மேற்கொள்ளப் பட்டது. அதில் அண்டக்கதிர் வீச்சுப் பரிசோதனை நடத்தும் பொறுப்பு அயோவா மாநிலப் பல்கலைக் கழகத்தின் பேராசிரியர்கள் ஜேம்ஸ் வான் ஆலன் **(James Van Allen)**, ஜார்ஜ் லுட்விக் **(George Ludwig)** ஆகியோரிடம் ஒப்படைக்கப்பட்டது.



Rockets in World War II *developed by Wernber von Braun paved the way for today's flights into space. Von Braun perfected a liquid-fuel rocket, the V-2, which in 1944 hit Britain. Later he worked on the US space program, helping to produce rockets for the first Moon landings. During that era came the idea for a space shuttle, a reusable vehicle. Space shuttle Discovery (above) blasts off in 1990*

படம் 5.6: ரஷிய நாட்டு 'ஸ்புட்னிக்' வெர்னர் வான் பிரான்

அதன் விளைவாக, சரியாக 110 நாள்களுக்குப்பின், அமெரிக்காவின் 'கீழை ஆய்வுத் தள'த்தில் **(Eastern Test Range)** இருந்து 1958 பிப்ரவரி 1 அன்று ரெட்ஸ்டோன் ஏவுகலனில் அமெரிக்காவின் முதலாவது செயற்கைக் கோள் எக்ஸ்புளோரர் **(Explorer-1)** ஏவப்பட்டது. நான்காம் கட்ட ஏவூர்திப் பொறி உட்பட அதன் எடை 14 கிலோகிராம். உண்மையில் செயற்கைக்கோள் எடை வெறும் 8.2 கிலோகிராம் தானாம். இது பூமியிலிருந்து 360 கிலோ மீட்டர் அருகிலும், 2520 கிலோமீட்டர் தொலைவிலுமான நீள்வட்டப் பாதையில் பறந்தது. இச்செயற்கைக்கோள் உபகரணத்தில் வானவெளியில் பரவி இருக்கும் மின்னேற்றத் துகள்களின் படலம் பதிவாயிற்று. அதுவே பிற்காலத்தில் 'வான் ஆலன் வளையம்' **(Van Allen Belt)** என்று அழைக்கப் பட்டது.

உலகில் ஒருசில நாடுகளே சொந்தச் செயற்கைக்கோள்களைத் தம் நாட்டு ஏவுகலன்களால் செலுத்தும் திறம் பெற்று உள்ளன. (அட்டவணை 5 : 1)

அட்டவணை 5 : 1

தம் நாட்டு முதலாவது கோளினைச் சொந்த ஏவுகலன் உதவியால் விண்வெளியில் செலுத்திய நாடுகளின் அட்டவணை

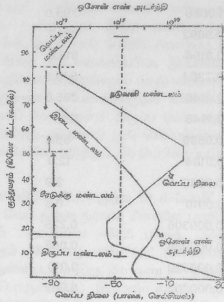
வரிசை	நாடு	செயற்கைக்கோள்	செலுத்திய ஏவுகலம்	நாள்
1	சோவியத் ரஷியா	ஸ்புட்னிக்-1 (Sputnik-1)	திருத்தியமைக்கப்பட்ட செம்யோர்கா (SEMYORKA)	அக்டோபர் 4, 1957
2	அமெரிக்கா	எக்ஸ்புளோரர் 1 (Explorer-1)	திருத்தியமைக்கப்பட்ட ரெட் ஸ்டோன் (Red Stone)	பெப்ரவரி 1, 1958
3	பிரான்சு	அஸ்டெரிக்ஸ் (Asterix-1)	டயமண்ட்-ஏ (DIAMANT-A)	நவம்பர் 26, 1965
4	ஜப்பான்	ஓசுமி (Osumi)	லாம்ப்டா-எஸ் (Lambda-S)	பெப்ரவரி 11, 1970
5	சீனா	எஸ். கே. டபுள்யு-1 (SKW-1)	லாங் மார்ச்-1 (Long March)	ஏப்ரல் 24, 1970
6	இங்கிலாந்து	பிராஸ்ப்ரோ (Prospero)	பிளாக் ஆரோவ் (Black Arrow)	அக்டோபர் 28, 1971
7	இந்தியா	ரோகிணி (Rohini)	எஸ்.எல்.வி-3 (SLV-3)	ஜூலை 18, 1980
8	இஸ்ரேல்	ஹொரைசான்-1 (Horizon-1)	திருத்தியமைக்கப்பட்ட ஜெரிக்கா (Jericho) ஏவுகணை	செப்டம்பர் 19, 1988

6

விண்வெளிச் சூழல்

செயற்கைக்கோள்களின் வடிவமைப்பு, கட்டமைப்பு ஆகியவை குறித்து ஆராயும் முன்னர் விண்வெளியில் அதன் இயக்கச் சூழ்நிலை (படம் 6 :1) குறித்து அறிந்து கொள்வது அவசியம்.

அ) வளிமண்டலக் கட்டமைப்பு



படம் 6.1: வளிமண்டலக் கட்டமைப்பு

சூரியனிலிருந்து ஏறத்தாழ 14 கோடியே 97 இலட்சம் கிலோமீட்டர் தொலைவில் உள்ள இந்தப் பூமிக்கோளகத்தின் சராசரி விட்டம் 12,742 கிலோ மீட்டர் ஆகும். இந்தப் பூமியை ஓர் ஆரஞ்சுப்பழம் என்று வைத்துக் கொண்டால், அதன் மேல்தோல் அளவே காற்றுமண்டலம், ஏறத்தாழ 100 கிலோமீட்டர். இந்த 100 கிலோமீட்டர் உயரத்தினுள் காற்றுமண்டலத்தில் அடங்கியுள்ள வளிமங்கள் மூலக்கூறு நிலையிலும், அதற்கு அப்பால் அயனிகளாகவும் 'பிளாஸ்மா' எனப்படும் மின்ம நிலையிலும் பரவியுள்ளன.(அட்டவணை 6 : 1),

அட்டவணை 6 : 1 **வளிமண்டல இயல்புகள்**

கடல் மட்டத்தினின்று உயரம் (கிலோ மீட்டர்களில்)	பொருண்மை அடர்த்தி (கிலோகிராம் கனமீட்டர்)	அழுத்தம் (*மில்லி பார்களில்) (Milli bars)	வெப்பநிலை (பாகை செல்சியஸ்)
0	1.2260	1013.2	15.0
1	1.1673	954.6	11.8
2	1.0066	795.0	2.0
3	0.9092	701.2	–4.5
4	0.8194	616.6	–11.0
5	0.7364	540.5	–17.5
10	0.4140	265.0	–49.0
15	0.1948	121.1	–56.5
20	0.0889	55.3	–56.5
30	0.0184	12.0	–46.5
40	0.0040	2.9	–22.8
50	0.0010	0.8	–2.5
60	0.000306	0.225	–17.4
70	0.000088	0.055	–53.4
80	0.000020	0.010	–92.5
90	0.000003	0.002	–92.5
100	0.0000007	0.0004	–63.2

* தரை மட்டத்தில் புவிக் காற்றழுத்தம் 1.013 பார் அளவாகும். 1 பார் அளவின் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு 'மில்லி பார்' என்க.

பூமியைப் போர்த்து உள்ள வளிமண்டலத்தின் முழு எடை 565 கோடி டன்கள். அதில் பாதியளவு எடையும் சுமார் 5.5 கிலோமீட்டர் உயரத்திலேயே அடங்கி விடுகிறது. அடுத்த 10 கிலோமீட்டருக்குள் முக்கால்வாசி எடையும், மேலும் 20 கிலோமீட்டருக்குள் 94 விழுக்காடு எடையும் அடங்கும்.

அதிலும் முதல் 10 கிலோமீட்டர் உயரம் வரையிலும் காற்றில் வேதியியற் சேர்மானங்கள் விகித அளவில் பெரிய மாற்றம் ஏதுமில்லை.

நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதியின் மேல் 16 கிலோமீட்டர் உயரத்திலும், துருவப் பகுதிகளில் 8 கிலோமீட்டர் உயரம் வரையிலும், மேலே செல்லச் செல்ல வெப்பநிலை தணிந்து வருவதால், இத்திருப்பம் நிகழும் வளிமண்டலப் படலத்தினைத் 'திருப்ப மண்டலம்' (**Troposphere**) என்பர். (கிரேக்க மொழியில் '**Tropos**' என்ற சொல்லினுக்குத் திருப்பம் (**Turning**) என்பது பொருள்.) இம்மண்டலத்தில்தான் நீராவி குளிர்ந்து மேகந் திரள்வதும், உயர்ந்து தாழும் வெப்பக் காற்றோட்டமும் (**Thermal air current**) கிடைமட்டக் காற்றுவீச்சும் (**Winds**) உருவாகின்றன. வானிலை (**Weather**) தொடர்பான இயல்புகளைத் தீர்மானிப்பது இந்தத் திருப்ப மண்டலக் காற்றியக்கமேயாகும்.

சுற்றுச்சூழலைப் பாதிக்கும் கரியமில வாயு, அதீத ஈரப்பதம் போன்ற பசுமைக் குடில் வளிமங்கள் இந்த மண்டலத்தில் அடங்கியுள்ளன. பொதுவாக, செடிகள், தாவரங்கள் போதிய கதகதப்புடன் வளரக் கண்ணாடிக் கூரைத் தோட்டங்கள் கட்டமைக்கப்படும். இப்பசுமைக் குடிலுக்குள் வந்து விழும் சூரியக் கதிர்கள் கூரையினால் பிரதிபலிப்பாகி மீண்டும் உள்ளுக்குள் வந்து விழும். இதனையே 'பசுமைக்குடில் விளைவு' (Green House Effect) என்பர். பூமியினைப் போர்த்துள்ள திருப்ப மண்டலமும் கண்ணாடிக் கூரை மாதிரி செயற்படுகிறது. இதனால் பூமி வெப்பம்வெளியேறவொட்டாமல் பூமி யின் உள்ளுக்குள்ளேயே தடுத்துப் பிரதிபலிக்கப்படுகிறது; தொடர்ந்து பூமி சூடேறுகிறது.

ஏறத்தாழ 10 கிலோமீட்டர் முதல் 50 கிலோமீட்டர் உயரம் வரையிலான இடைவெளியில் வெப்பநிலை ஓரளவு சீராகவே பரவி இருக்கிறது. உறைபனி வெப்பநிலைக்கும் தாழ்வான –56.5 பாகை செல்சியஸ் குளிர்நிலை கொண்டது இந்தச் 'சீரடுக்கு மண்டலம்' (**Stratosphere**). ஓசோன் அதிக அளவில் செறிந்துள்ள படலம் இது. (**Stratum** என்ற இலத்தீன் சொல் 'அடுக்கு' (**Layer**) எனப் பொருள்படும்.) இம்மண்டலத்தில் ஒரு கனமீட்டர் பருமன் அளவினுள் 1,00,000 கோடிகோடி, அதாவது 10^{10} ஓசோன் மூலக்கூறுகள் உள்ளதாகக் கணிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த ஓசோன் எண் அடர்த்தி (**Ozone Number Density**) வளிமண்டலத்தின் மிக முக்கியமான தன்மை ஆகும். அதுதான் ஓசோன் படலம்.

சூரிய ஒளிக்கற்றையில் இடம்பெறும் அனைத்துக் கதிர் அலைகளும் மனிதனுக்கு உகந்தவை அல்ல. ஏறத்தாழ 280 நானோமீட்டருக்கும் குறைவான அலைநீளம் கொண்ட புற ஊதாக்கதிர்கள் மனித உயிர்த்தாதுக்களைச் சேதமுறச் செய்யக் கூடியவை. கண்புரை, தோல் புற்று போன்ற தீங்குகளும் விளைவிக்கும். இந்தத் தீய ஒளிக்கதிர்களை ஓசோன் படலமே உறிஞ்சி உலகைக் காத்து வருகிறது. ஆயின் சமீபகாலமாக மனிதனின் அதி நாகரிகக் கைங்கரியத்தினால் இந்த ஓசோன் படலத்தில் ஓட்டை விழுந்துள்ளது என்னும் அபாய எச்சரிக்கை குறித்தும் நாம் அறிவோம். நவீன குளிர்சாதனப் பெட்டிகளில் கையாளப்பெறும் ஃபிரியான் **(Freon)** எனப்படும் குளோரோ-ஃபுளூரோ கரிம வேதியியற் பொருள், தொழிற்சாலைப் புகையில் அடங்கிய ஹைடிரோ குளோரைடு, கந்தக அமில வாயுக்கள், குளோரின் ஆக்சைடுகள் அன்றியும், மீத்தேன் எனும் சாணவாயுவும், மின்னலின்போது வெளிப்படும் நைட்ரிக் ஆக்சைடு, நிலத்தின் பாக்டீரியாக்கள் உமிழச் செய்யும் நைட்ரஸ் ஆச்சைடு போன்ற எத்தனையோ மாசுக்களாலும் வளிமண்டல ஓசோன் போர்வை பொத்தலாகி வருகிறது என்பதுதான் உண்மையாகும்.

சீரடுக்குகளின்மேல் 50 கிலோமீட்டர் தொட்டு 85 கிலோமீட்டர் வரையிலான பகுதி இடைமண்டலம் **(Mesosphere)** ஆகும். **(Meso** எனும் கிரேக்கச் சொல் இடைப்பகுதியினைக் குறிக்கும்). சீரடுக்கு மண்டல மேல்விளிம்பில் சற்றே உயர்ந்துவந்த வெப்ப நிலை, மீண்டும் குறையத் தொடங்குகிறது.

85 கிலோமீட்டருக்கும் உயர்ந்த வளிமண்டலத்தில் 100 கிலோமீட்டர் வரை வெப்ப மண்டலம் **(Thermosphere)** எனப்படும். இங்குக் காற்றில் கலந்துள்ள நைட்ரிக் ஆக்சைடு வாயு, வெப்ப மண்டலத்தைச் சூடேற்றி அயனியாக்குவதில் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றது.

அதற்கு அப்பால் ஏறத்தாழ 500 கிலோமீட்டர் உயரம்வரை 'அயனி மண்டலம்' **(Ionosphere)** பரவி உள்ளது. அதன் தொலைதூரப் புறவெளி யினைப் 'புறமண்டலம்' **(Exosphere)** எனவும் வானியலார் குறிப்பர்.

ஆயின் திருப்ப மண்டலம், சீரடுக்கு மண்டலம், இடைமண்டலம் ஆகியவை அடங்கிய, 10 முதல் 90 கிலோமீட்டர் உயரம் வரையிலான பகுதி 'நடு வளிமண்டலம்' **(Middle Atmosphere)** ஆகும். நடுவளிமண்டலத்திற்கு அப்பால் உள்ளவை வெப்ப மண்டலமும், அயன மண்டலமும் ஆகிய உயர்வளிமண்டலங்கள் ஆகும்.

சூரியப் புள்ளிகள் **(sun spots)** உக்கிரம் அடையும் காலத்தில் ஏறத்தாழ 500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் வளிமண்டலத்தின் காற்றழுத்தம் அதிகபட்சமாக

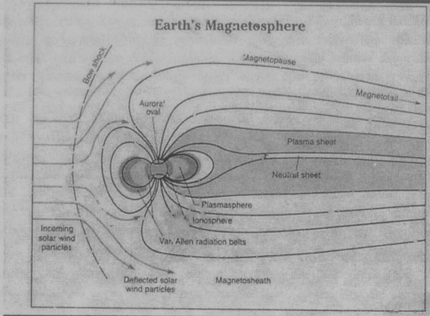
இருக்கும். உயர் வளிமண்டலத்தில் ஏற்படும் தினசரி மாற்றங்களுக்குச் சூரியனில் உண்டாகும் கொந்தளிப்புகளே அடிப்படை ஆகும். சூரியப் புள்ளிகள் என்பவை சூரியனில் ஏறத்தாழ பதினோரு ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை உண்டாகும் கிளர்வு நிலை எனலாம். அவ்வேளையில் சராசரி வளிமண்டலச் செறிவு தண்ணீரைக் காட்டிலும் பத்து இலட்சம் கோடியிலோர் பங்கு (10^{-13} கிராம்/க.செ.மீ.) அளவாக இருக்கும்.

அங்குச் சூரியப் புள்ளிக் காலத்தில் விண்வெளி வெப்பநிலை 1600 கெல்வின். (கெல்வின் அளவுகோலின் சுழிநிலை என்பது பனி உறைநிலைக்கும் 273 பாகை செல்சியஸ் குறைந்த அதி குளிர்நிலை. அதாவது, பனிக்கட்டியின் குளிர்நிலை 273 பாகை கெல்வின் என்க.) அதே வேளையில் சூரியப் புள்ளி குறைந்த நிலையில் உயர் வளிமண்டல வெப்ப நிலை 900 கெல்வின் அளவாகும். இத்தகைய வெப்பநிலை மாறுதலுக்குக் காரணம் அங்கு நடைபெறும் புற ஊதாக் கதிர்வீச்சு, எக்ஸ்-கதிர்வீச்சு மற்றும் நீர்மக் காந்த அலை ஆற்றல் போன்றவற்றில் நிகழும் மாற்றங்களே ஆகும்.

சூரியனில் இடம்பெறும் புற ஊதாக் கதிர்வீச்சுகளிலும், (ஆற்றல் குறைந்த) 'மிருது' எக்ஸ் - கதிர்வீச்சுகளிலும் **(Soft X-rays)** பெரிய அளவில் மாற்றங்கள் எழும். அதன் விளைவாக, உயர் மட்டங்களில் வளிமண்டல மூலக்கூறுகள் அயனிகளாக மாறும். அந்நிலையில் அந்த மூலக்கூறுகளில் இருந்து மின்னணுக்கள் **(electrons)** வெளியேற்றப்படும். ஆயின் அவ்விதம் வெளிப்படும் மின்னணுக்கள் இரவுப்பொழுதிலும் கூட வளிமண்டலத்தில் நிலைத்து நிற்கும். பொதுவாக, விண்வெளிக்கு அப்பால் இருந்துவரும் அண்டக் கதிர் வீச்சுகளும், ஆற்றல் மிக்க இம்மிகளும் இத்தகைய உயர் வளிமண்டல அயனியாக்கத்தில் முக்கியப் பங்கு அளிக்கின்றன. இவ்வித அயனிகள் பரவிய வளிமண்டலப் பகுதியையே 'அயன மண்டலம்' **(Ionosphere)** என்கிறோம்.

பூமியினைச் சூழ்ந்துள்ள அயனமண்டலம் 500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் நிறைவடைந்தாலும், அவ்வப்போது அயனிகள் மேலெழுந்து கதிர்வீச்சு வளையங்களில் சென்று கலக்கின்றன. ஏறத்தாழ 400-3200 கிலோமீட்டர் உயரங்கள் வரையிலான இந்தத் தாழ்மட்டக் கதிர்வீச்சு வளையங்களைக் கதிர்வீச்சு உள்வட்டாரங்கள் **(Inner Zones)** என்றும், சுமார் 32000 கிலோ மீட்டர் உயரங்களில் பரவியுள்ள கதிர்வீச்சுப் புற வளையங்களை வெளி வட்டாரங்கள் **(Outer Zones)** என்றும் குறிப்பிடுவர். (படம் 6 : 2).

அன்றியும், 1100-1500 கிலோமீட்டர் உயரத்திற்கு அப்பால் ஹைடிரஜன் அணுக்கள் அயனிகளாகப் பிரியும்போது புரோட்டான்கள் (ஹைடிரஜன்



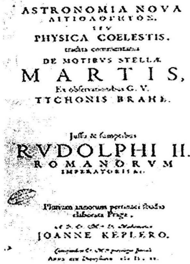
படம் 6.2 : புவி காந்தமண்டலக் கட்டமைப்பு

அயனிகள்) மற்றும் மின்னணுக்கள் வெளிப்படும். இதனை வேண்டுமானால் 'புரோட்டான் மண்டலம்' (**Protonosphere**) என்றும் குறிப்பிடலாம். உண்மையில் புவிகாந்த மண்டலத்தின் பாதையில் 1-30 கிலோ ஹெர்ட்ஸ் மின்காந்த அலைகள் பரவும்போது 'விசில்' போன்ற ஊதல் சப்தம் கேட்கும். வளி மண்டலத்தில் எழும் மின்னல்களே இந்த ஊதல் தூண்டலுக்கான காரணம் ஆகும். ஆனால் இவை யாவுமே செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்புக்குப் பிரச்சினை தருவனவாகும்.

7

செயற்கைக்கோள் சுற்றுப்பாதைகளும் எவுதடங்களும்

ஜோஹன்னஸ் கெப்ளர் (கி.பி. 1571-1630) எனும் ஜெர்மானியக் கணித மேதை சூரியனைச் சுற்றி வரும் கோள்களின் இயக்க விதிகளை வரையறுத்தார். அவற்றையே பூமியைச் சுற்றிவரும் செயற்கைக்கோள்களின் இயக்கத்திற்கும் அடிப்படை விதிகளாக வரையறுக்கலாம்.


ASTRONOMIA NOVA
PHYSICA COELESTIS.
DE MOTIBVS STELLÆ
MARTIS,
TYCHONIS BRAHE.
RVDOLPHI II.
ROMANORVM
JOANNE KEPLERO.

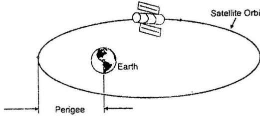
படம் 7.1: ஜோஹன்னஸ் கெப்ளர் எழுதிய 'வானவியல் புதிது' எனும் நூல்

முதலாவதாக, ஒரு செயற்கைக் கோள் பூமியை நீள்வட்டப் பாதையில் சுற்றி வருகின்றது.

இரண்டாவதாக, ஒரு செயற்கைக் கோள் பூமியைச் சுற்றும்போது அதன் சுற்றுப்பாதைத் தளத்தில் சம கால இடைவெளியில் புவி மையத்தில் தாங்கும் பரப்பளவு சம அளவாக இருக்கும். அதன் நீள்வட்டப்பாதையின் தொலைவுப் புள்ளியில் செயற்கைக்கோள் மந்தமாக இயங்கும். பூமிக்கு அருகே வரும்போது அதன் வேகம் அதிகரிக்கும். இந்த விதி 1609-ஆம் ஆண்டு கெப்ளர் தம் 'வானவியல் புதிது' **(Astronomia Nova)** எனும் நூலில் வெளியிடப்பட்டதாகும். (படம் 7:1)

மூன்றாவதாக, செயற்கைக்கோளின் சுற்றுக்கால அளவின் இருமடியும் **(square)** பூமியில் இருந்து அதன் சராசரி ஆரத்தின் மும்மடியும் **(cube)** ஒன்றுக்கொன்று நேர்விகிதத்தில் அமைந்து இருக்கும். இந்த உண்மை கெப்ளரின் 'பிரபஞ்சத்தின் இயக்க ஒழுங்கு' **(The Harmonices Mundi)** என்னும் நூலில் இடம்பெற்றுள்ளது.

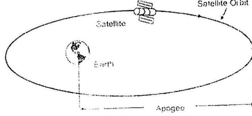
தனது பாதையில் புவி சுற்றும்போது ஒரு செயற்கைக்கோள், ஒரு கட்டத்தில் பூமிக்கு அருகிலும், அதன் பாதிச் சுற்றின்போது பூமிக்கு வெகு தொலைவிலும் அமையும். அவை முறையே 'புவி அருகுப் புள்ளி' **(perigee,** படம் 7 : 2) என்றும், 'புவி அப்பால் புள்ளி **(apogee,** படம் 7 : 3) என்றும் சுட்டப்பெறுவன.



படம் 7.2: புவி அருகுப் புள்ளி

அதே வேளையில் சந்திரனைச் சுற்றிய நீள்வட்டப் பாதையில் அவை, 'நிலா அருகுப் புள்ளி' **(perilune)** என்றும், 'நிலா அப்பால் புள்ளி' **(apolune)** என்றும் குறிப்பிடப் பெறுவன.

அன்றியும், சூரிய நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்கும் ஒரு கோளினைப் பொறுத்தமட்டில் அவை, 'சூரிய அருகுப் புள்ளி' **(perihelion)** என்றும் 'சூரிய அப்பால் புள்ளி' (aphelion) என்றும் வழங்கப்பெறுவனவாகும்.



படம் 7.3: புவி அப்பால் புள்ளி

1. தாழ் புவி சுற்றுப்பாதை

இந்தப் பூமி, மலை, குன்றுகள் என மேடுபள்ளங்கள் ஒன்றுமே இல்லாத முழு உருண்டை வடிவிலான கோளகம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். அந்நிலையில் தரையை ஒட்டியவாறு நிலமட்டத்தில் ஒரு செயற்கைக்கோள் சுற்றுவதாகவும் வைத்துக்கொள்வோம். குறைந்தது நொடிக்கு 7.89 கிலோ மீட்டர் வேகம் தேவை. ஆயின், தன்னைத்தான் அச்சில் சுற்றிக் கொள்ளும் பூமி ஒரு நாளில் ஒரு சுற்றுவீதம் சுழலுவது அறிவோம். அதன் காரணமாகப் பூமியின் இந்தச் சுழற்சி இயல்பாகவே செயற்கைக்கோளுக்கு ஒரு வேகம் ஊட்டுகிறது. அதன் சுழற்சி வேகம் நொடிக்கு 0.465 கிலோமீட்டர் ஆகும். ஆதலால் கிழக்கு நோக்கி செலுத்தப்பெறும் ஏவுகலனுக்கு இயல்பாகவே நொடிக்கு 0.465 கிலோமீட்டர் வேகம் கூடுதலாகக் கிடைக்கிறது. உண்மையில் நொடிக்கு 7.43 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன் செலுத்தப்பட்டாலே போதுமானதாகும்.

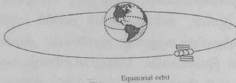
இதே கணக்கில் 500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் செயற்கைக்கோளின் சுற்று வேகம் **(orbital velocity)** நொடிக்கு 7.59 கிலோமீட்டர் ஆகும். அந்நிலையில் செயற்கைக்கோள்களின் சுற்றுக்காலம் ஏறத்தாழ 95 நிமிடங்கள். இதே வேகத்தில் ஒரு செயற்கைக்கோள் தரை மட்டத்திலேயே புவி சுற்றி வருவதானால் ஒரு சுற்றுக்கு 84.5 நிமிடங்கள் ஆகும்.

பொதுவாக, 250–500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் ஆன தாழ் சுற்றுப் பாதையைத் ‘தாழ் புவி வட்டணை’ **(Low Earth Orbit)** என்றும் சுட்டுவர்.

2. புவி நிலைவட்டப்பாதை

இனி வெவ்வேறு உயரங்களில் அதன் சுற்றுவேகம் குறித்து ஆராய்வோம்.

உள்ளபடியே, செயற்கைக்கோளின் சுற்று உயரம் அதிகரிக்குந்தோறும் அதன் சுற்று வேகமானது சுற்று ஆரத்தின் வர்க்க மூலத்தின் தலைகீழ் விகிதத்தில் மாறுபடும். ஆயின் 6378 கிலோமீட்டர் ஆரம் கொண்ட பூமியின் மேல் 35786 கிலோமீட்டர் (ஏறத்தாழ 36000 கிலோமீட்டர்) உயரத்தில், ஒரு சுற்றுக்கு 24 மணிநேரம் (நாள்) ஆகும். அதாவது செயற்கைக்கோள் புவியோடு ஒத்த கதியில் ஒரு நாளில் ஒரு சுற்று வீதம் சுற்றிவருகிறது. இந்தச் சுற்றுப்பாதையைக் 'கிளார்க் வட்டணை' **(Clarke's Orbit)** என்றும் குறிப்பிடுவர். காரணம், இதனைக் கணித்து உரைத்தவர் ஆர்தர் சி. கிளார்க் என்னும் ஆங்கில அறிஞர் ஆவார். அதுவே 'புவி ஒத்தியக்க வட்டணை' **(geosynchronous orbit)** என்று அழைக்கப்படுகிறது. (படம் 7 : 4அ)


Equatorial orbit


Polar orbit

படம் 7.4 : அ) புவி நிலைவட்டப்பாதை (மேலே)

ஆ) புவி துருவப்பாதை (கீழே)

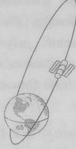
புவி ஒத்தியக்கச் சுற்றுப்பாதையில் இயங்கி வரும் செயற்கைக்கோள்கள் பூமியில் இருந்து அலைபரப்பப்படும் தகவல்களை ஏற்று மறு அலைபரப்பு செய்வதற்கு வசதியாக, புவிமேல் நிலைத்த புள்ளியில் நிற்பது போல் தோன்றும். தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு, வானொலி அஞ்சல் உட்பட செயற்கைக்கோள் பயன்பாடுகளுக்கு அதுவே உகந்த நிலைவட்டப் பாதை ஆகும். இதனால் 36000 கி.மீ. உயரச் சுற்றுப்பாதை, 'புவி நிலைவட்டப் பாதை' **(geostationary orbit)** என்றும் குறிக்கப்பெறும்.

ஆயின், செயற்கைக்கோள் தனது புவி நிலைவட்டப் பாதையில் மந்தம் அடைந்தால் ஒரு நாளில் ஒரு முழுச் சுற்றும் நிகழ்த்தாமல் சற்றுப் பின்தங்கலாம். கிழக்கு – மேற்குவாக்கில் அது ஒரு பாகை அளவு என்றாலோ, ஏறத்தாழ 736 கிலோமீட்டர் பின்தங்கல் **(drift)** ஏற்படும். அதனைப் பழைய நிலையில் அதே இடத்திற்கு உந்தித் தள்ள வேண்டியது அவசியம். அன்றியும், வடக்கு–தெற்காகவும் செயற்கைக்கோளின் உறுதிசை விலகாதபடி நிறுத்தப்படவும் வேண்டும். இதுவே செயற்கைக்கோளின் 'சுற்று நிலை நிறுத்தம்' **(Station- Keeping)** எனப்படும்.

இத்தகைய 'செயற்கைக்கோளின் நடத்தை மற்றும் வட்டணை கட்டுப்பாடு' **(Attitude and Orbital Control)** குறித்துத் தனி அத்தியாயத்தில் காணலாம்.

3. துருவப் பாதை

துருவப் பாதைச் செயற்கைக்கோள்கள் (Polar Satellites) பூமியின் வட, தென் துருவங்கள் வழியாகச் செயல்படும் செயற்கைக்கோள்கள் ஆகும். (படம் 7 : 4ஆ). ஆயினும், துருவப்பாதைச் செயற்கைக்கோள்கள் வட, தென் துருவங்கள் வழியாக வட்டப்பாதையில் பறக்க வேண்டும் என்பது இல்லை. குறிப்பாக, சோவியத் ரஷியாவின் மோல்னியா போன்ற சில செயற்கைக் கோள்கள் நீண்ட நீள்வட்டப் பாதையில் கூடுதல் காலம் வட ஆர்க்டிக் பகுதிக்கு அருகில் சுற்றி வருபவை. (படம் 7 : 5). அமெரிக்காவின் வானிலை ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்கள் சில, வட துருவங்களின் மேலாகச் சிறிய சுற்று வட்டங்களில் இயங்கி வருகின்றன.



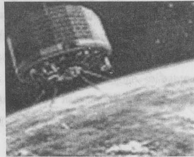
படம் 7.5 : மோல்னியா செயற்கைக் கோளின் 4000 கி.மீ. அப்பால் புள்ளி கொண்ட விசேட நீள் துருவப்பாதை

தாழ்புவி வட்டப்பாதையிலோ, புவி நிலைவட்டப் பாதையிலோ சுற்றி வரும் செயற்கைக்கோள்கள் நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதியிலேயே கிழக்கு நோக்கி இயங்குகின்றன.

அந்நிலையில் நிலநடுக்கோட்டிற்கும் செயற்கைக்கோளின் சுற்றுப் பாதைக்கும் இடையிலான சாய்மானம் **(inclination)** கோண அளவில் பூஜ்யம் (0°) ஆகும்.

ஆயின் அந்தச் சுற்றுச் சாய்மானம் 90 பாகை கோண அளவுக்கு அதிகரிக்குந்தோறும் செயற்கைக்கோள்கள் வடக்கு நோக்கிச் சுற்றும். அதாவது தென் துருவத்தில் இருந்து வட துருவம் நோக்கி இயங்கும். இதுவே சுருக்கமாகத் 'துருவப் பாதை' **(Polar Orbit)** என்று சுட்டப்படுகிறது. பொதுவாக, இத்தகைய துருவப்பாதை ஆராய்ச்சியில் ஈடுபடும் செயற்கைக்கோள்கள் 800–900 கிலோ மீட்டர் வட்டபாதையில் சுற்றி வருகின்றன.

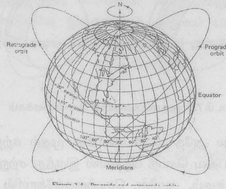
முதன்முதலில் 1982 முதல் 1988 வரை அமெரிக்காவின் 'தேசியக் கடலாய்வு மற்றும் வளிமண்டல நிர்வாகம் ' **(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)** சார்ந்த 'டைரோஸ்-என்' **(TIROS-N)**



படம் 7.6: டைரோஸ் செயற்கைக்கோள்

வரிசைச் செயற்கைக்கோள்கள் செலுத்தப் பெற்றன (படம் 7: 6). இவை 'தொலைக் காட்சி மற்றும் அகச்சிவப்புக் கூர்ந்தாய்வுச்செயற்கைக்கோள்கள்' **(Television and Infrared Observational Satellite)** ஆகும்.

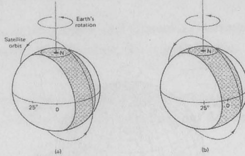
ஆயின், இந்தத் துருவப்பாதையின் சாய்மானம் 90 பாகைக்கும் சற்றுக் கூடுதலாக 100 கோணத்தில் அமைவதாகக் கொள்வோம். அந்நிலையில் நேரடியாகவே வடக்கு நோக்கிச் செலுத்தப்படும் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலனின் இயக்கம் தென்கிழக்கு–வடமேற்கு நோக்கிய சுற்றுப்பாதையில் அமைகிறது. அதாவது, எதிர்த்திசையில் மேற்கு நோக்கி அமையுவதால் இந்தச் சுற்றுப்பாதை (180 – 100 = 80 பாகை) 'பின்னோட்டப் பாதை **(retro-grade orbit)** என்றும் அழைக்கப்பெறும். (படம் 7.7).



படம் 7.7 : பின்னோட்டத் துருவப் பாதை

இங்குச் சுழிப் பாகை குறுக்குவரை **(Zero degree latitude)** கொண்ட நில நடுக்கோட்டினை தெற்கில் இருந்து வடக்காக கடந்து ஏறும் செயற்கைக் கோளின் பாதை 'ஏறுமுகம்' **(ascending pass)** என்றும், வடக்கில் இருந்து தெற்காகக் கீழிறங்கும் பாதை 'இறங்குமுகம்' **(descending pass)** என்றும் வழங்கப்படுகின்றன.

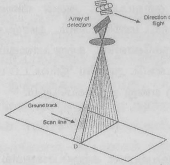
இத்தகையச் செயற்கைக்கோள், 105 நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை வீதம் பூமியைச் சுற்றுவதாகக் கொள்வோம். (படம் 7 : 8) முதல் நாள் காலை 10.30 மணிக்கு நிலநடுக்கோட்டைக் கடக்கிறது என்று இருக்கட்டும். பூமி யானது தினமும் தன் அச்சில் 360 பாகை வீதம் சுழல்கிறது என்று அறிவோம். அதனால் செயற்கைக்கோள் முதல் நாள் இரண்டாம் சுற்றின்போது மதியம் 12.15 மணிக்கு நிலநடுக்கோட்டைக் கடக்கும்போது, பூமி 25.5 பாகை அளவு கிழக்கு நோக்கி இடம் நகர்ந்து இருக்கும். இது தரையில் ஏறத்தாழ 2840 கிலோமீட்டர் தொலைவு ஆகும். இவ்விதம் ஒரே நாளில் ஏறத்தாழ 14-15 சுற்றுகள் நிகழும்.



படம் 7.8 : துருவப்பாதையின் செயல்விளக்கம்

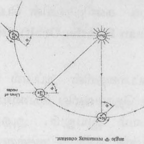
மறுநாள் காலை அதே 10.30 மணிக்கு முதல் சுற்றின்போது முந்திய நாள் முதல் சுற்றில் பதிவு செய்த பகுதியில் இருந்து சற்று மேற்கில் விலகி அடுத்த இடம் பதிவாகும். ஆயின், செயற்கைக்கோளில் இடம்பெறும் படப் பதிவுக் கருவியின் பகுதிறன் **(resolution)** அளவைப் பொறுத்து சராசரி 150 கிலோமீட்டர் பட்டைப் பாதை பதிவானதாகக் கொள்வோம். (படம் 7 : 9) இப்படியே தொடர்ந்து ஒவ்வொரு நாளும் காலை 10.30 மணிக்கு பூமியில் அடுத்து அடுத்த இடங்கள் பதிவாக்கப்படும்.

இந்தியாவைப் பொறுத்தமட்டில் ஏறத்தாழ 20–22 நாள்களில் நம் நாட்டின் முழுத் திணைப் படமும் ஒரே தல நேரத்தில் அதாவது ஒவ்வொரு நாள் காலை 10.30 மணி சூரிய வெளிச்சத்தில் பதிவாக்கப்படும். இதையே வேறுவிதமாகச் சொன்னால் இந்தியாவின் மேல், ஒவ்வொரு பகுதியும் சமஅளவு



படம் 7.9 : 'துடைப்பம் ஒத்த வரியோட்டி' (Push Broom Scanner) உதவியால் துருவப்பாதைச் செயற்கைக்கோள் பூமியைப் பட்டையாகப் பதிவாக்குகிறது.

சூரியச் சாய்மானத்தில் ஒரே பொலிவில் தோன்றுவது போன்ற படங்கள் பெறப்படும். இதனாலேயே இத்தகையத் துருவப் பாதையினை 'சூரிய ஒத்தியக்க வட்டணை' **(sun-synchronous orbit)** என்றும் குறிப்பிடுகிறோம். (படம் 7 : 10)



படம் 7.10 : சூரிய ஒத்தியக்க வட்டணை

4. நீள்வட்டப் பாதை

மேற்குறித்த சுற்றுப்பாதைகள் யாவுமே பொதுவாக வட்டமாக அமைபவை. ஆயின் இத்தகைய வட்டப்பாதையில் இயங்கும் செயற்கைக்கோளினை ஒரு தருணத்தில் அதன் உந்துவிசைப் பொறியால் தூண்டி இயக்குவித்தால் அது

அடுத்த சுற்றுப்பாதைக்குத் தள்ளப்படும். அதன் விளைவாக, செயற்கைக் கோளின் சுற்றுப்பாதை நீள் வட்டமாகிவிடலாம். அன்றியும், சில நேரங்களில் செலுத்தப்படும் செயற்கைக்கோளின் சுற்றுப்பாதையினை இயல்பான நீள்வட்டமாக அமைப்பதும் உண்டு. அதுவே 'நீள்வட்டப் பாதை' அல்லது 'நீள் வட்டணை' **(elliptical orbit)** என்று குறிக்கப்பெறும்.

5. மாற்றல் சுற்றுப்பாதை

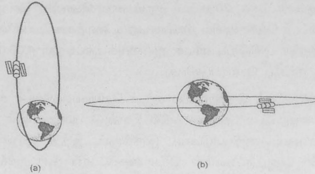
செயற்கைக்கோளின் இயல்பான சுற்றுப்பாதையில் இருந்து மற்றொரு சுற்றுப்பாதைக்கு இடம் மாற்றும் தேவை எழுந்தால் இடைநிலையாக புதியதொரு சுற்றுப்பாதையில் செயற்கைக்கோளினை நகர்த்துவது உண்டு. இந்தப் புதிய இடைநிலைச் சுற்றுப்பாதையே 'மாற்றல் சுற்றுப்பாதை' **(Transfer orbit)** என்று அழைக்கப்படுகிறது. பூமியைச் சுற்றி வரும் நீள்வட்டச் செயற்கைக்கோள் புவி அருகுப் புள்ளியில் வரும்போது அதன் உந்துபொறி இயக்குவிக்கப்படும். அதன் விளைவாக செயற்கைக்கோள் அடுத்த புவி அப்பால் புள்ளிக்கு உரிய நீள் வட்டத்தில் இடம் மாறும். ஆயினும் அதன் புவி அருகுப் புள்ளி மாறாது. இவ்விதம் ஒவ்வோர் அப்பால் புள்ளிக்கு உயர்த்தப்படுவதன் மூலம் சந்திரனின் சுற்றுப்பாதையையும் எட்ட முடியும். இத்தகைய ஒவ்வொரு கட்ட நீள்வட்டப் பாதையினை நடைமுறையில் 'மாற்றல் வட்டணை' **(transfer orbit)** என்றும் குறிக்கலாம். இத்தகைய சுற்றுப் பாதையைக் கணித்தவரின் பெயராலேயே 'ஹாஃப்மான் மாற்றல் சுற்றுப்பாதை' **(Hoffman Transfer Orbit)** என்றும் இது சுட்டப்படுகிறது.

அதிக அளவு உயர்த்தப்பட்ட சுற்றுப்பாதையின் அப்பால் புள்ளியில் இயங்கும்போது செயற்கைக்கோளை அதே தொலைவில் தேவையான ஒரு வட்டப்பாதையில் இயங்கச் செய்யவும் இயலும். அதற்கெனச் செயற்கைக்கோளோடு பொருத்தப்பட்ட ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சிறு உந்துப் பொறிகள் **(boost motors)** தூண்டுவிக்கப்பட வேண்டும். அவற்றை 'உதை பொறிகள்' **(kick motors)** என்றும் வழங்குவர். (உந்துப் பொறிகள் குறித்துத் தனியொரு அத்தியாயத்தில் காண்போமாக.) இவற்றால் ஊட்டப்படும் விசை, செயற்கைக்கோளை அப்பால் புள்ளி அளவே ஆரம் கொண்ட மிகப்பெரிய வட்டப் பாதையில் சுற்றவிடும்.

ஏறத்தாழ 250 கிலோமீட்டர் புவி அருகிலும், அப்பால் 36000 கிலோ மீட்டர் தொலைவிலும் ஆன நீள்சுற்றுப் பாதையில் செலுத்தப்படும் 'இன்சாட்' வகை தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள் 36000 கிலோமீட்டர் வட்டப் பாதையில் பறக்கவிடப்படுவதும் இதே தொழில்நுட்பத்தினால்தான்.

அன்றியும் இத்தகைய பெரு வட்டப் பாதையில் இயங்கும் செயற்கைக்கோளினை ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சிறிய 'பின்னோட்ட உந்துப்பொறிகளின் **(retro-motors)** உதவியால் அதன் அப்பால் புள்ளி உயரத்திலேயே ஒவ்வொரு கட்டமாகக் குறைக்கப்படும்; நீள்வட்டத்தைச் சுருக்கலாம். இவ்விதமே அருகுப் புள்ளியிலும் வட்டத்தைக் குறைக்க இயலும். இத்தகைய செயற்பாடுகளைச் 'சுற்றுப் பாதை மாற்றல்' எனலாம்.

சந்திரயான் திட்டத்தில் நிலாவைச் சுற்றிவரும்போது விண்கலனுக்கு இவ்வகையில்தான் சுற்றுவட்டம் குறைக்கப்பட்டது. (படம் 7:11)



படம் 7.11 : சந்திரயானின் மாற்றல் சுற்றுப் பாதைகள்

5. 1 சமனப்படுத்தல் (stabilisation)

செயற்கைக்கோள் புவிசுற்றும்போது அதன்மேல் இரண்டு விசைகள் செயற்படுகின்றன. ஒன்று, மைய விலக்கு விசை **(centrifugal force)**. எடுத்துக் காட்டாக, கயிற்றில் கட்டிய தண்ணீர் வாளியை வேகமாகச் சுற்றுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அதில் இருந்து தண்ணீர் ஒரு துளி கூட வெளியே

சிந்துவது இல்லை. காரணம், வாளி நோக்கிச் செயற்படும் மைய விலக்கு விசையினால் வாளியில் தண்ணீர் மட்டம் அழுத்தப்படுகிறது. இந்த விசையினை 'வேக வளர்ச்சிப் புலம்' **(acceleration field)** எனலாம். அதே வேளையில் கயிறு, வாளியை தண்ணீருடன் மையம் நோக்கி இழுக்கிறது. இதனை 'நிறையீர்ப்புப் புலம்' **(gravitational field)** என்கிறோம். செயற்கைக்கோளும் இவ்விதமே அதன் விரைவூட்டும் மைய விலக்கு விசைக்கும், புவியீர்ப்பு விசைக்கும் இடையில் சமனப்பட்டு ஒரு வளைவுப் பாதையில் நழுவி விழுந்த வண்ணம் இருக்கும். இந்த விளைவுத்தடமே செயற்கைக்கோளின் வட்டப்பாதையாகும்.

இந்நிலையில் செயற்கைக்கோளில் எடையின்மை **(state of weight-lessness)** உணரப்படும்; ஆயின் இது எடையே அற்ற நிலை அன்று. 'நுண்நிறையீர்ப்பு' **(microgravity)** உடைய இத்தகைய சூழ்நிலையை ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய வகையிலும் செயற்கைக்கோள் வடிவமைக்கப்படும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 20 மீட்டர் குறுக்களவு கொண்ட செயற்கைக்கோள் 500 கிலோமீட்டர் தொலைவில் இயங்குவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அங்குக் கடல் மட்டத்தின் புவியீர்ப்பு விசை அளவைக் காட்டிலும் 4,00,000-இல் ஒரு பங்கு நுண் ஈர்ப்பே செயற்படுகிறது.

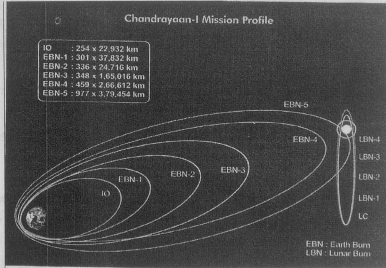
ஆயின் இந்தத் தொலைவில் கூடச் செயற்கைக்கோள் கட்டமைப்பின் குறுக்காக சுற்று வட்ட ஆர வாக்கில் இரண்டு புயங்களிலும் நிறையீர்ப்பு விசை அளவுகள் குறிப்பிடும்படி இருக்கும். இந்த இரண்டு விசை அளவுகளின் வேறுபாட்டினால் செயற்கைக்கோள் தன் அச்சில் சுழலத் தொடங்கும். மீண்டும் அதுதன் பழைய நிலைக்குத் திரும்பி வர 67 நிமிடங்கள் ஆகும். இந்த அலைவைத் தளரச் செய்வதற்குப் போதிய இயந்திரவியல் அல்லது மின் இயந்திரவியல் கருவிகள் செயற்கைக்கோளில் இடம்பெறும். இதன்வழி தாழ்புவி வட்டப்பாதைகளில் 'நிறையீர்ப்பு இடைமாற்றச் சமனப்படுத்தல்' **(gravity-gradient stabilisation)** நிகழும்.

5. 2 நிலைய நிறுத்தம் (Station-keeping)

புவிநிலைவட்டச் செயற்கைக்கோள்களைப் பொறுத்தமட்டில் அவற்றின் நடத்தை மற்றும் சுற்றுப்பாதையில் எழும் மாறுபாடுகளைக் கட்டுப்படுத்தி

அவற்றை குறித்த இடத்தில் நிலைநிறுத்துவது அவசியம். செயற்கைக்கோளின் 'நடத்தை மற்றும் சுற்றுப்பாதைக் கட்டுப்பாடு' **(Attitude and Orbital Control)** குறித்துப் பிறிதொரு அத்தியாயத்தில் காணலாம்.

செயற்கைக்கோள் தனது சுற்றுப்பாதையில் பின்னிழுக்கப்பட்டாலோ, விரைவூட்டத்தால் முன்னுக்குத் தள்ளப்பட்டாலோ அதன் நிலைப்பிடம் மாறிவிடும். அதனால் செயற்கைக்கோளை அதன் இடத்தில் நிலைநிறுத்தச் செய்ய வேண்டுவது அவசியம். இதற்கெனச் சிறிய கட்டுப்பாட்டு உந்து பொறிகள் இயக்குவிக்கப்படும். அதன்வழி செயற்கைக்கோள் தனது சுற்றுப்பாதையில் தேவையான அளவு முன்னுக்கு அல்லது பின்னுக்குத் தள்ளப்படும். இதனையே 'நிலைய நிறுத்தம்' **(station keeping)** என்று குறிப்பிட்டோம். (படம் 7:12).



படம் 7.12: 'ஆப்பிள்' செயற்கைக்கோளின் நிலை நிறுத்தச் செயல்பாடுகள்

அன்றியும், தெற்கு – வடக்காகவும் அதன் செயற்பாங்கு கட்டுப்படுத்தப் படவேண்டும். அதற்கென இரண்டு சமனப்படுத்தல் முறைகள் பின்பற்றப் படுகின்றன.

(1) சுழற்சிச் சமனப்படுத்தல் (Spin stabilisation)

இந்த முறையில் செயற்கைக்கோள் தனது சுற்றுதளத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சுத் திசையில் பம்பரம்போல் சுழற்றப்படும்.

ஒரு சில வடிவமைப்புகளில் செயற்கைக்கோளும், அதன் உள்ளுறுப்புகளும் முழுமையாகச் சுழற்றுப் பகுதியில் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். ஆனால், செயற்கைக்கோளின் மேல் பொருத்தபட்ட அலை திரட்டியும் அதன் தகவல் ஏற்பு முகமும் வேறொரு சுழலெதிர் மேடையில் **(de-spun)** இடம்பெறும். அது செயற்கைக்கோளின் சுழற்சிக்கு எதிர்த்திசையில் சுழற்றப்படுகிற வகையில் வடிவமைக்கப்படும். இது 'தனிச் சுழற்றி வடிவாக்கம்' **(Simple Spinner Configuration)** ஆகும்.

அவ்வாறே, 'இரட்டைச் சுழற்றி வடிவாக்க' **(Dual Spinner Configuration)** முறையில், செயற்கைக்கோளின் பயன்சுமையும், அலைதிரட்டிகளும், பிற கருவிகளும் அதன் சுழலெதிர் மேடையில் பொருத்தப்படும். ஏனைய பாகங்கள் சுழல் பகுதியில் அமைக்கப்படும். நவீனச் செயற்கைக்கோள்கள் பெரும்பாலும் சுழற்சி வழிச் சமனப்படுத்தப்பட்டவையே ஆகும்.

(2) மூவச்சு அல்லது முழுமைச் சமனப்படுத்தல் (Three-axis or Body Stabiliztion)

இந்த முறையில் செயற்கைக்கோளானது முன்பின் சாய்வு **(pitch)**, பக்க வாட்டில் சரிவு **(Yaw)**, தன்னச்சில் உருள்வு **(roll)** ஆகிய மூன்று அச்சுத்திசையிலும் ஒருசேரச் சமனப்படுத்தப்படும். (இது குறித்து 'பயண. நெறிப்பாடும் கட்டுப்பாடும்' எனும் அத்தியாயத்தில் விரிவாகக் காணலாம்.) இதற்கென ஏற்கெனவே குறிப்பிட்ட உந்துச் சக்கரங்கள் **(Momentum wheels)** பயன்படுத்தப்படும். அமெரிக்காவின் 'இன்டெல்சாட்', 'கோயஸ்' **(GOES)** மற்றும் 'டைரோஸ் **(TIROS)** வகைச் செயற்கைக்கோள்களில், இந்த மூவச்சுச் சமனப்படுத்தல் முறையே கையாளப்பட்டது.

8

செயற்கைக்கோள் வடிவமைப்பு

விண்வெளியில் பல்வேறு இயல்புகளுக்கு ஏற்பவே செயற்கைக் கோள்கள் கட்டமைக்கப்படும். ஆயின் அவற்றின் வடிவமைப்பிற்குக் கீழ்க்கண்ட விண்வெளிப் பண்புகள் கவனத்தில் எடுத்துக் கொள்ளப்படும்.

1. உயர் நிலை வளிமண்டலம்
2. வான் ஆலன் வளையங்கள்
3. புவி காந்தப்புலம்
4. சூரியக் கிளர்வு
5. அண்டக்கதிர்கள்
6. வெற்றிடம்
7. வெப்பச் சூழல்
8. மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு
9. எடையின்மை நிலை
10. அண்டத் தூசு

1. உயர்நிலை வளிமண்டலம்

கடல்மட்டத்தில் காற்றின் ஒரு கன மீட்டருக்குள் சராசரி 25,000 கோடிகோடி கோடி (அல்லது 2.5×10^{25}) மூலக்கூறுகள் உள்ளன. 100 கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் 0.012 கோடிகோடிகோடி (1.2×10^{19}) மூலக்கூறுகளும், 1000 கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் 54000 கோடி மூலக்கூறுகளும் அடங்கி

இருப்பனவாகும். புவி ஒத்தியக்கக் குத்துயரமான **(Geo-Synchronous Altitude)** 36000 கிலோமீட்டர் தொலைவில் ஒரு கோடிக்கும் குறைவான மூலக்கூறுகளே வளிமண்டலத்தில் பரவியுள்ளன.

இவ்வண்ணம் காற்று அழுத்தத்திலும், அடர்த்தியிலும் குத்துயரத்திற்கேற்ப மாறுபடும் இந்த அதீத வேறுபாட்டினால் ஏவூர்தி, பலூன், செயற்கைக்கோள், காற்று விமானம் ஆகியவற்றின் இயக்கத்தைப் பாதிக்கும் காற்று இழுப்பு **(Drag)** விசையும் மாறுபடும். சான்றாக 400 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் இயங்கும் செயற்கைக்கோளினைத் தாக்கும் இழுப்பு விசை, 10 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் பறக்கும் ஏவூர்தியினைத் தாக்கும் இழுப்பு விசையினைவிட 5 கோடி மடங்கு குறைவானதாகும்.

தாழ்புவி வட்டப்பாதையில் செயற்படும் செயற்கைக்கோள் வடிவமைப்பில் சுற்றுச் சூழலுக்கேற்ற சிறந்த பொருள்கள் தேர்வு முக்கியம் ஆகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, அமெரிக்க விண்வெளி ஓடத்தின் மூன்றாவது **(STS-3)** பயணத்தில் 'காப்டான்' **(Kapton)** எனும் அமைடு **(amide)** வகை வேதியியற் பன்கூறுப் பூச்சுப் பொருள் இடம்பெற்றது. விண்வெளியில் அணுநிலை ஆக்சிஜன் துகள்களின் மோதலால் அதில் விளைந்த பாதிப்புகள் பதிவாக்கப்பெற்றன. அத்தகைய ஆக்சிஜன் அணுக்களின் மோதல் வேகம் நொடிக்குக் குறைந்தது 8 கிலோமீட்டர். ஆயின் உலோகத்தினால் ஆன உறுப்புகளே கூடுதல் பாதிப்புக்குள்ளாவதாக ஆய்வுகள் தெரிவிக்கின்றன.

2. வான் ஆலன் வளையங்கள்

வான் ஆலன் கதிர்வீச்சு வளையங்களின் ஊடாகக் கடந்துசெல்லும் செயற்கைக்கோள்களும், விண்கலங்களும் ஒரு சில வினாடிகள் செயலிழந்தும், நிலைகுலைந்தும் போகக்கூடும். அதிலும் குறிப்பாகத் தென் அட்லாண்டிக் கடலின் மேல் பறந்து செல்லும்போது மட்டும் அவற்றின் மின்னணுக் கருவிகள் பனி மூட்டம் மாதிரி மங்கலாகி விடுவது கண்டு அறியப்பட்டது; வான் ஆலன் கதிர்வீச்சு வளையங்களே இதற்குக் காரணம் ஆகும்.

புவியின் சுழற்சி அச்சு **(spin axis)** மற்றும் புவி காந்தப்புல அச்சு **(geomagnetic axis)** ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று 11 பாகை சாய்ந்து இருப்பதனை அறிவோம். வான் ஆலன் கதிர்வீச்சு உள் வளையத்தின்

அடிமுனை தென் அட்லாண்டிக் கடலின் மேல் சற்று நெருக்கமாக இறங்கி நிற்கிறதாம். இதனால் இப்பகுதியில் இன்று கப்பல்கள், விமானங்கள் பயண அமைப்பில் எதிர்பாராத தகவல் தொடர்புச் சிக்கல் ஏற்பட வாய்ப்பு உள்ளது. இதனையே 'தென் அட்லாண்டிக் கோளாறு' **(South Atlantic Anamoly)** என்றும் சுட்டுவர். இந்தக் குறைபாட்டைத் தவிர்ப்பதற்காகவே செயற்கைக்கோளின் மேற்புறம் அலுமினியத்தால் ஆன கதிர் வீச்சுத் தடுப்பாக அலுமனியத் தகடு வேயப்படுகின்றன.

இதற்கிடையில் மனிதனால் உருவாக்கப்படும் கோளாறுகளையும் இங்குக் குறிப்பிட்டாக வேண்டும். அவற்றில், முக்கியமாக அணுவெடிப்புச் சோதனைகள் கண்ணுக்குத் தெரியாமல் வான் ஆலன் வளையங்களைப் பாதிக்க வாய்ப்பு உள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, 1962 ஜூலை 9 அன்று அமெரிக்கா, 'ஸ்டார்ஃபிஷ்' **(Starfish)** என்ற பெயரில் நடத்திய அணுவெடிப்புச் சோதனைக்குப் பின் ஏறத்தாழ 1600-6300 கிலோமீட்டர் உயர அளவுக்கு மின்னணுக்களின் செறிவு அதிகரித்ததாம். 1800 கிலோமீட்டரில் வழக்கமான அளவைவிட 10 மடங்கு கூடுதலாகவே இருந்தது. ஆயின், அதனினும் தாழ்ந்த உயரங்களில் மின்னணுக்கள் அடர்த்தி சற்றுக் குறைவு தானாம்.

இந்தத் தனித்த, ஆற்றல் குறைந்த மின்னணுக்களால் ஆன அயன மண்டலம் மின்கடத்தும் தன்மை பெறும். ஆயின் செயற்கைக்கோளின் மின்காப்புப் **(insulation)** பகுதிக்கும், புறப்பரப்பிற்கும் இடையே மின்னணுக்கள் தேங்க இயலாததால் அயன மண்டலத்தினூடாகச் சுற்றி வரும் செயற்கைக்கோளுக்கு நல்ல வேளையாக மின்னூட்டப் பாதிப்புகள் இல்லை.

ஆனால் தனித்த மின்னணுக்கள் **(free electrons)** நிறைந்த இந்த வளி மண்டலத்தினூடே செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பில் கையாளப்படும் வானலைகள் **(radio waves)** மிக மெதுவாகவே பயணம் செய்யும். அவை பெரும்பாலும் விலகியோ, பிரதிபலிப்போ ஆகிவிடும். அயன மண்டலத்தின் தாழ்ந்த பகுதியில் இந்தத் தனித்த மின்னணுக்களே வானலை களின் ஆற்றலை உறிஞ்சிவிடவும் கூடும்.

அதனால் தகவல் தொடர்புக்கான மின்காந்த அலைகள் குறைந்த அதிர்வெண் அல்லது நடுத்தர அதிர்வெண் உடையதாக இருந்தால் பலன் இல்லை. உயர் அதிர்வெண் மின்காந்த அலைகளே செயற்கைக்கோளின்

தகவல் தொடர்பில் சிறந்த பயன் நல்கும். குறிப்பாக, 50 மெகா ஹெர்ட்ஸ் (அதாவது நொடிக்கு 50 கோடி அலைவுகள்) அளவைவிடக் கூடுதலான அதிர்வெண்கள் கொண்ட மின்காந்த அலைகளேனும் தேவைப்படுவதாகும்.

3. புவிகாந்தப் புலம்

பூமி ஒரு பிரமாண்டமான காந்தம் என்பதனை அறிவோம். அதனைச் சூழ்ந்து அயன மண்டலம் பரவி இருப்பதும் அறிவோம். இதனால் அண்ட வெளியின் மின்ம விசை **(plasma)**க்கும், புவிகாந்த விசைக்கும் இடையிலான தாக்கத்தில் அவ்வப்போது 'காந்தப் புயல்' **(Magnetic storm)** வெடிக்கும். அதிலும் ஏறத்தாழ 10000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் இந்தக் காந்தப்புல வினைகளுடன், சூரியக் கிளர்வும் சேர்ந்துவிடுவதால் மேலும் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் அமையும் பாதிப்புகள் எழும்.

செயற்கைக்கோள் வடிவமைப்பதில் இத்தகைய முக்கியப் பிரச்சினைகளைக் கவனத்தில் கொள்ளவேண்டும்.

மின்கடத்தும் தன்மை கொண்ட உலோகத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட செயற்கைக்கோள் விண்வெளியில் தன்னைத்தான் சுழன்று கொண்டும் இருக்கிறது. மின்சாரம் சுமந்த எந்தப் பொருளும் வேகமாகச் சுழலும்போது அதில் தனக்கெனத் தனிக் காந்தப்புலம் உருவாகும். அதாவது செயற்கைக்கோளின் காந்தப் புலமும் புவிகாந்தப் புலத்துடன் இடைவினை புரிந்து செயற்கைக்கோளின் தகவல் தொடர்பில் குழப்பம் நிகழும்.

அன்றியும், தன்னைத்தான் சுழலாத நிலையிலும், செயற்கைக்கோளே மின்மநிலை **(Plasma)** கொண்ட அயன மண்டலத்தின் ஊடாகப் பூமியைச் சுற்றிவரும் நிலையில் அதனைச் சூழ்ந்து ஒருவகை எதிர்த்திசைக் காந்தப்புலம் உருவாவது இயற்கை. இந்தக் காந்தப்புலமும் புவிகாந்த மண்டலத்துடன் வினை புரிவதால் செயற்கைக்கோள் பின்னுக்கு இழுக்கப்படும். உண்மையில் இதன் விசை அளவில் மிகக் குறைவாகவே இருந்தாலும், இலகுச் செயற்கைக்கோளைப் பொறுத்தமட்டில் இந்த இழுப்புவிசை குறிப்பிடும்படி அமைவதால், செயற்கைக்கோளின் இயக்கத்தில் குளறுபடிகள் உண்டாகும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 1960-ஆம் ஆண்டுகாலப்பகுதியில் அமெரிக்கா செலுத்திய 'எக்கோ' (**Echo**) என்கிற செயற்கைக்கோளில், புவிகாந்த இழுப்புவிசை கணிக்கப்பட்ட அளவிற்கும் சற்றுக் கூடுதலாகவே உணரப்பட்டதாம். உலோகப் பூச்சு இட்ட பலூன் ரகச் செயற்கைக்கோளாகும் அது. (படம் 8:1).



படம் 8.1: 'எக்கோ' செயற்கைக்கோள்

4. சூரியக் கிளர்வு

சூரியனில் இருந்து அவ்வப்போது, மின்மக்காற்று வீசுகிறது. அத்தகைய நிகழ்விற்கு ஏறத்தாழ ஒன்றரை மணி நேரத்திற்குப் பிறகு வான் ஆலன் வளையத்தில் இருந்து 200 மெகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் (**MeV**) ஆற்றல் புரோட்டான்கள் கூட வளிமண்டலத்தில் இருந்து உதிர்ந்து விழக்கூடும். (ஒரு மெகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் என்பது 2300 கோடி கலோரி வெப்பம். அதாவது 4–5 டன் கரி எரித்துப் பெறும் ஆற்றல் அளவுக்குச் சமம்.) ஆயினும் அந்த அசாத்தியப் புரோட்டான் மழை பெரும்பாலும் தரைமட்டத்தைத் தொடுவது இல்லை.

வான் ஆலன் வளையத்தில் 30 மெகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் புரோட்டான்கள், நொடிக்கு ஒரு சதுர மீட்டரில் 10-20 கோடி என்கிற விகிதத்தில் இயங்குகின்றன. ஒவ்வொரு முறையும் சூரியப் புயல் வெடிக்கும்போது நொடிக்கு 30 மெகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் புரோட்டான்கள் நொடிக்குச் சதுர மீட்டரில் 10 இலட்சங் கோடி என அமைகின்றன.

ஆயின் வான் ஆலன் வளையத்தில் 100 மெகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் சக்தி கொண்ட புரோட்டான்கள், எண்ணிக்கையில் 5 கோடி அளவாகும்.

சூரிய கிளர்வின்போது 100 மெகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் சக்தி கொண்ட புரோட்டான்கள் ஒரு நொடியில் சதுர மீட்டரில் குறுக்கே இலட்சங் கோடியை எட்டும்.

சூரியனில் எழும் இத்தகையக் கொந்தளிப்பினால், புவி தன் வளி மண்டலத்தில் ஏற்படும் பாதிப்புகள் ஆண்டுக்கு 5 முதல் 10 நிகழ்வுகள் வரை அமையலாம்.

மொத்தத்தில் இவ்வகை கதிர்வீச்சுகளைச் 'சூரிய அண்டக் கதிர்கள்' **(solar cosmic rays)** என்றும் வழங்கலாம்.

5. அண்டக்கதிர்கள்

சூரிய மண்டலத்திற்கும் அப்பால் அண்டவெளியில் இருந்து பூமிக்குள் வந்து தாக்கும் கதிர்வீச்சுக்களில், 0.10 முதல் ஒரு சில ஆயிரங்கள் கிகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் **(Gev)** சக்தி கொண்ட புரோட்டான்களும் சில கனமான அணு இம்மிகளும் அடங்கும். (இங்கு கிகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் என்பது மெகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் ஆற்றலைப் போல ஆயிரம் மடங்கு என்க.) அவையே 'அண்டக் கதிர்கள்' **(cosmic rays)** என்று குறிப்பிடப்படுகின்றன.

சூரியக் கிளர்வின் போது, ஒரு நொடிக்கு சதுர மீட்டரில் 0.2 துகள் மட்டுமே அண்டக்கதிரில் இருந்து பூமிக்குள் கடக்கும். அதே வேளையில் புரோட்டான் ஆற்றல் அளவு 0.1 கிகா எலக்ட்ரான் வோல்ட் ஆக இருக்கும்.

சூரியக் கிளர்வு குறைவாக இருக்கும்போது அண்டக்கதிர்த் துகள்களின் எண்ணிக்கை கூடுதலாக இருக்கும். இத்தகைய அண்டக் கதிர்வீச்சு 1000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் வெறும் 1000 கிலோ எலக்ட்ரான் வோல்ட் அளவாக இருக்கும்; துருவப் பகுதிகளில் இன்னும் குறைவாகவே இருக்கும்.

இக்கதிர்வீச்சானது புவிகாந்தப் புலத்தின் வழியே கீழிறங்கும் போது ஆங்காங்கே துணுக்குத் துணுக்காகப் படபடத்து வெடிக்கவும் வாய்ப்பு உண்டு. அதனையே 'காந்தப் புயல்' **(magnetic storm)** என்று குறிப்பிடுகிறோம்.

புவி நிலைவட்டப் பாதையில் 36000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் கூட இத்தகைய மின்துகள்களின் ஆதிக்கம் இருக்கும். அதனால் செயற்கைக்கோளின் மீதும் இதன் தாக்கம் எழும்.

6. வெற்றிடம்

உயரே செல்லுந்தோறும் காற்றின் அடர்த்தியும், அதனால், அழுத்தமும் குறைந்து கொண்டே வரும். புவி மட்டத்தில் காற்று அடர்த்தி என்பது நீரின் அடர்த்தியைக் காட்டிலும் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கே. தரைமட்டத்தில் 1 கன மீட்டர் காற்றின் எடை வெறும் 1,2 கிலோ கிராம் ஆகும். அதுவே

100 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் சராசரி 0.7 மில்லி கிராமிற்கும் குறைவு. அவ்வாறே 500 கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் ஏறத்தாழ காற்று என்பதே இல்லை. ஆனால் 1000 கிலோ மீட்டர் உயரத்திலோ வளிமண்டல அடர்த்தி கனமீட்டரில் 0.000003 மைக்ரோ கிராம் (ஒரு மைக்ரோ கிராம் எனப்படுவது 1 மில்லிகிராமின் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு.) ஆகும்.

ஆயின் தரை மட்டத்தில் காற்றழுத்தம் ஒரு சதுர சென்டிமீட்டர் பரப்பில் ஏறத்தாழ ஒரு கிலோகிராம் எடை அளவு ஆகும். விண்கலனில் பறந்து செல்லும் வீரருக்கும் இதே அழுத்தம் அவசியம். அன்றி, புற அழுத்தம் நூறில் ஒரு பங்காகக் குறைந்து இருந்தால், அவர் உடலின் உயிர்த் திரவங்கள் அனைத்தும் ஆவியாகி திசுக்களை விட்டு வெளியேற முற்படும். இது உயிருக்கே ஆபத்து ஆகிவிடும். அதனால் குறிப்பாக, மனித விண்கலனில் தேவையான காற்றழுத்தப் புறச் சூழல் தேவை.

அது மட்டுமன்றி, காற்றில் அடங்கிய ஆக்சிஜன் அளவும் முக்கியம். புவிக் காற்றில் ஐந்தில் ஒரு பங்கு ஆக்சிஜன் கலந்துள்ளது. ஏனைய வளிமங்களில் ஏறத்தாழ ஐந்தில் நான்கு பங்கு நைட்ரஜன் அடங்கி இருக்கிறது. இதர வாயுக்கள் அளவில் ஒரு சதவீதத்திற்கும் குறைவே. ஆதலால் காற்றின் ஐந்திலொரு பங்கு மட்டுமே நாம் விண்வெளியிலும் உயிர்வாழப் போதுமானது. இதற்காகப் புவிக் காற்றழுத்தத்தில் ஆக்சிஜனைச் சுமந்து கொண்டு உடலுக்குத் தேவையான ஐந்தில் ஒரு பங்கு அழுத்தத்தை மட்டும் உறிஞ்சி வாழலாம் என்றும் சிலர் கருதக்கூடும். அதிலும் பிரச்சினை உண்டு. காரணம் தூய ஆக்சிஜன் மட்டுமே கொண்ட புறச்சூழலில் செயற்கைக் கோளின் பலவித உட்கூறுகள் ஆக்சிகரணம் அடைந்து பழுதாகவும் வாய்ப்பு உள்ளது.

ஆனால் ஆளற்ற விண்கலனுக்குள் காற்று அழுத்தம் ஊட்டுவது தேவை அற்றது தான். அங்கு ஆக்சிஜனும் தேவையில்லை. என்றாலும் விண்கலனில் இயங்கும் கருவிகளால் உள்வெப்பம் அதிகரிக்கும். இந்த வெப்பத்தைத் தணிவிக்கவும், மட்டுப்படுத்தவும் காற்று அல்லது ஏதேனும் ஒரு வாயு அவசியம். பொதுவாக, கதிர்வீச்சு முறையில் வெப்பக் கடத்தல் நடைபெறும்.

இவை தவிர, இன்று 'வெப்பக் குழாய்' **(heat pipe)** என்னும் புதிய நுட்பமும் நடைமுறையில் உள்ளது. இதில் ஒரு குழாயில் வெப்பக் கடத்தியான

திரவம் ஒன்று இடம்பெறுகிறது. அதுவே கருவிகளின் உள்வெப்பத்தை ஏற்று வேறொரு முனையில் ஆவியாக்கி வெளியேற்றி விடும். அந்தத் திரவம் மீண்டும் குளிர்விக்கப்பட்டு பழையபடி உள்வெப்பத்தை ஏற்குமாறு வெப்பக் குழாய்க்குள் திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது.

மின் காப்பு மற்றும் உயவு **(insulation and lubrication)** முறைகளும் வெப்பக் கடத்தலில் குறிப்பிடத்தக்கவை. மின்காப்பிற்காகக் காற்றோ வேறு ஏதேனும் வாயுவோ போதுமானது. இருந்தாலும் ஒரு சில அழுத்தக் கருவிகளில் இருந்து வாயுக் கசிவு ஏற்படக் கூடும் என்பதால் ஏதும் இல்லாத வெற்றிடம் தான் உத்தமம்.

விண்கலன்கள் சுற்றிவரும் உயரங்களில் வளிமண்டல அழுத்தம் தரைமட்டக் காற்றழுத்தத்தில் ஆயிரங் கோடியில் பங்குகள் என்கிற அளவில் விண்கலனின் இத்தகைய வெற்றிடச் சூழலில் ஒரு சில நெகிழிகள் அல்லது உயவுப் பொருள்கள் காற்றழுத்தக் குறைவினால் ஆவியாகவும் வாய்ப்பு உண்டு. இது விண்கலனுக்கு உகந்தது அன்று. (காண்க: அட்டவணை 8 : 1). அதனால் இயல்பாகவே குறை வெப்பத்தில் ஆவியாகும் **(low volatility)** தன்மை கொண்ட எண்ணெய்களில் மாலிப்டினம் சல்ஃபைடு **(Molybdenum Sulphide)** எனும் உயவுத்தூள் கலந்த ஒருவகை விசேடப் பூச்சு கையாளப்படும்.

அன்றியும், வெற்றிடத்தில் செயற்படும்போது ஒன்றோடொன்று உராயும் கருவிகளோ உருள்தாங்கிகளோ **(bearings)** எளிதாக இயங்குவது இல்லை. அதற்கும் அந்தக் கருவியின் உட்கூறுகளில் உயவுப் பொருள்கள் இடம்பெற வேண்டும். ஆயினும் அவை கரிம நெகிழிகளால் ஆனவை **(plastics)** என்றால் நாளாவட்டத்தில் இறுகிப்போகவும், நெகிழ் திறம் இழந்து நொறுங்கிப் போகவும் வாய்ப்பு உள்ளது.

புறப்பரப்பிலோ உலோக ஆக்சைடுப் பூச்சு அல்லது வாயு உட்கவர்படலம் சிறந்த உயவுப்பொருளாக உதவும். இருந்தாலும் அது உராய்வினாலோ, அரிமானத்தினாலோ செதிளாக உதிர்ந்து போனால் மீண்டும் கருவிப் புறத்தளத்தில் ஒட்டாது. தவிரவும், இந்த உலோகப் உதிர்வுகளால் செயற்கைக்கோளின் உள்ளே மாசு படியும். இது தூய்மையான செயற்கைக்கோளின் செயற்பாட்டைப் பாதிக்கும். அன்றியும், மேற்பூச்சு இழந்தால் சில கருவிகளின் பாகங்களில் உலோகப் பற்ற வைப்புகள் வலு இழக்கும். இதுவும் செயற்கைக்கோளின் திடத்தன்மையைப் பாதிக்கும்.

அட்டவணை 8 : 1

உலோகங்களின் பதங்கமாதல் வேகங்களும் வெப்ப நிலைகளும்

தனிமம்	ஆண்டுக்கு 0.1 மைக்ரோகிராம்	ஆண்டுக்கு 10 மைக்ரோகிராம்	ஆண்டுக்கு மில்லி கிராம்
காட்மியம்	38	77	122
துத்தநாகம்	71	127	177
மக்னீசியம்	110	171	233
தங்கம்	660	800	950
டைட்டானியம்	920	1070	1250
மாலிப்டினம்	1380	1630	1900
டங்ஸ்டன்	1870	2150	2480

Table 8.2: Variation of the full coverage angle as a function of the Satellite altitute

Satellite altitude (km)	Full Coverage angle (deg)
200	150
300	144
400	138
500	134
600	130
700	126
800	124
900	120
1000	118
2000	100
4000	76
5000	68
6000	60
7000	56
8000	52
9000	48
10000	44
15000	32
20000	26
25000	22
30000	18
36000	17

பொதுவாக நிக்கல்-இன்கோனல்-550 (**Nickel-Inconel 550**) உலோகக் கலவையே செயற்கைக்கோள் உபகரணங்களில் கையாளப்பெறுகின்றன. எனினும் இந்த உலோகக் கலவையைப் பொறுத்தமட்டில் வெற்றிடச் சூழலில் ஏற்படும் பாதிப்புகள் குறித்து உறுதியான முடிவுகள் இல்லை. இங்கு உலோகங்களின் மேம்பட்ட தளர்வு ஆயுள் (**fatigue life**) காலமும் கருத்தில் கொள்ளப்பட வேண்டும். இதனைப் பரிசோதிப்பதற்கென அந்த உலோகப் பொருள் அழுத்தம், வெப்ப நிலை, தகைவு போன்ற ஏதேனும் ஒரு புறச் சூழலுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு மீண்டும் தன்னிலைக்குக் கொண்டுவரப்படும். இது ஒரு சுழற்சி வட்டம் என்றால், எத்தனை முறை இத்தகைய சுழற்சிகளுக்கு உட்பட்டு அந்தப் பொருள் தளர்ந்துபோய் செயல் இழக்கிறதோ அதுவே அந்தப் பொருளின் தளர்வு ஆயுள் ஆகும்.

7. வெப்பச் சூழல்

செயற்கைக்கோள் சூழலின் வெப்பநிலை 1500 கெல்வின் என்று குறிப்பிட்டோம்.

அன்றியும், சூரிய ஒளியினால் செயற்கைக்கோளின் மேற்பரப்பில் எழும் சூரிய ஒளி அளவு ஒரு சதுர மீட்டரில் 1400 வாட் அளவு. இது ஒரு மேசைப் பரப்பில் ஏறத்தாழ 35 நாற்பது வாட்ஸ் பல்புகள் எரியத் தேவையான மின்திறன் ஆகும். இதனால் செயற்கைக்கோள் சூடேறும் என்பது உண்மை. அதைத் தடுக்க செயற்கைக்கோளின் புறப்பரப்பின் மீது வெப்பத்தைக் கதிர்வீச்சாக உமிழ வல்ல கருப்பு நிறப் பூச்சு இடம்பெற வேண்டும்; அல்லது செயற்கைக்கோளின் புறப்பரப்பானது வெயில் வெப்பத்தை ஒரேயடியாகப் பிரதிபலித்திடும் வகையில் பளபளப்பு உடைய தளமாக அமைத்தல் வேண்டும்.

உள்ளபடியே 300 பாகை கெல்வின் (சாதாரண 23 பாகை செல்சியஸ்) வெப்பநிலையில் ஒரு கரும்பொருள் உமிழும் கதிர்வீச்சு (Black body radiation) அளவு என்பது ஒரு சதுர மீட்டர் பரப்பில் 460 வாட் திறன் ஆக அமையும்.

விண்கலனின் சூரியப் பலகைகளும் சூரிய ஒளியின் நேரடிப் புற ஊதாக்கதிர்களால் பாதிக்கப்பட வாய்ப்பு உள்ளது. இதனால் மின்னணு உபகரணங்களின் மின்தடைய (**resistivity**) அளவு மாறுபட்டு அவற்றின்

செயற்பாடு தளரும். மேலும் புறஊதாக் கதிர்வீச்சினால் சூரியப் பலகை புகைபடிந்தது போலவும் ஆகிவிடும். சூரியப் பலகைகளின் கண்ணாடிகள் ஒளி ஊடுருவாதபடி இருண்டு விடுவதாலும் சூரிய மின்பலகையின் செயல்திறன் குன்றும். அதனை ஈடுகட்டும் வகையில் சூரிய மின்கலன்களை உயர்ந்த வெப்பநிலையில் இயக்க வேண்டி வரும். இதனால் சூரிய மின்கலன்களின் ஆயுளும் குறையும்.

அத்துடன் விண்கலன் கட்டமைப்பில் இடம்பெறும் ஒரு சில பன்கூறுப் பொருள்கள் **(polymeric materials)** புறஊதாக் கதிர்வீச்சினால் சிதைவுறவும் கூடும். அவற்றின் வேதியியற் பிணைப்பின் கட்டமைப்பு **(chemical bonding structure)** சிதைந்து விடுவதால் இத்தகைய பன்கூறுப் பொருட்கள் தமது நெகிழ்திறன் இழந்து நொறுங்கும். இதனால் விண்கலன் உறுப்புகள் பழுதாகும்; நாளடைவில் உடைந்து உதிர்ந்துவிடவும் கூடும்.

இருண்ட அண்டவெளியின் வெப்பநிலை என்பது 3 பாகை கெல்வின் (பனி உறைநிலைக்கும் 270 பாகை செல்சியஸ் தாழ்ந்த அதி குளிர்நிலை). அதேவேளையில் பூமியின் தரைமட்டத்தில் வெப்பநிலை சராசரியாக 298 கெல்வின் (25 பாகை செல்சியஸ்). மேகங்கள் படர்கின்ற உயரத்தில் 218 கெல்வின் (மைனஸ் 55). இதனால் செயற்கைக்கோளின் புவி நோக்கு முகத்தில் தரைவெப்பப் பிரதிபலிப்பினால் எழும் வெம்மையும், அதன் இரவுப் பக்கத்தில் அண்டவெளியின் அதி குளிர்நிலையும் உணரப்படும். இதற்கு எல்லாம் ஏற்ற வகையில் செயற்கைக்கோளின் புறப்பரப்பில் தனிப்பட்ட வெப்பப் பூச்சு கையாளப் பெற வேண்டும்.

மேலும் சூரிய ஒளிபட்டுப் பெரும்பாலான உலோகங்கள் மின்னணுக்களை வெளிவிடுவது இயல்பு. அதிலும் விண்வெளியில் எக்ஸ்-கதிர்வீச்சு பாதிக்கவும் வாய்ப்பு உள்ளது. அதற்கு ஏற்ற விகிதத்தில் பாதுகாப்புப் பூச்சுகள் இடம் பெற வேண்டும்; அல்லது தகுந்த உலோகத்தினால் செயற்கைக்கோள்கள் கட்டமைக்கப்பட வேண்டும்.

இவை தவிர, விண்வெளியைச் சுற்றிவிட்டுப் புவிக்குத் திரும்பிவரும் மீள்நுழைவு விண்கலம் **(re-entry vehicle)** என்றால் அதன் புறப்பரப்பில் கிராஃபைட் எனும் விசேடக் கரியினால் ஆன வெப்பக் காப்புக் கவசம் இடம்பெற வேண்டும்.

8. மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு

செயற்கைக்கோளின் தகவல் தொடர்பினைப் பாதிக்கக்கூடியவை மின்காந்த அலைகள் என்ற நிலையில், தரைநிலையக் கட்டுப்பாட்டு அறையில் இருந்து செலுத்தப்படும் தகவல் அலைகள் மட்டுமன்றி, ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டபடி வானலைகள், புறஊதாக் கதிர்வீச்சு, எக்ஸ்-கதிர்வீச்சு போன்ற வற்றுடன், சூரிய ஒளிக்கதிர், பூமி பிரதிபலிக்கும் அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சு ஆகியவையாவும் அடங்கும்.

செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பில் ஒரு மீட்டருக்கும் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்த அலைகளை வளிமண்டலத்தின் வானலை இரைச்சலோ, அண்டவெளியில் உடுமண்டலத்தில் இருந்து வரும் கதிர்வீச்சோ பாதிப்பது இல்லை. ஆனால் அத்தகைய மின்காந்த அலைகளால் பூமியில் சிறிது வெப்பம் உணரப்படும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 0.25 மீட்டர் அலைநீளம் கொண்ட தகவல் அலை களால் (1.2 கிகா ஹெர்ட்ஸ்) புவி மட்டத்தில் ஊட்டப்படும் வெப்ப அளவு பற்றிக் குறிப்பிடலாம். சதுரப் பரப்பில் ஒரு வாட் அளவில் பத்து இலட்சங் கோடி கோடியில் ஒரு பங்கு (10 - 20 வாட்/ச.மீ./ஹெர்ட்ஸ்) அனல் ஊட்டும்.

ஒரு சில வேளைகளில் சூரியனில் இருந்து அவ்வப்போது வெடித்துக் கிளம்பும் சூரியக் கிளர்வின்போதும் இந்த வெப்ப அனல் அளவு வேண்டு மானால் 10-100 மடங்கு கூடுதல் ஆகலாம்.

அதே வேளையில், பூமியின் தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தின் அலைபரப்பிகளில் இருந்து அனுப்பப்படும் தகவல் தொடர்பு மின்காந்த அலைகளின் ஆற்றலாலும் விண்கலன் சூடேறும். 10 வாட் திறன் கொண்ட ஒரு அலைபரப்பி 6 பாகை அலைப்பட்டையில் (bandwidth) 10 கிலோஹெர்ட்ஸ் அலைகளாகத் தகவல் செலுத்தினால் 1000 கிலோமீட்டர் தொலைவில் பறக்கும் செயற்கைக்கோளில் சதுரமீட்டர் பரப்பில் ஒரு வாட் அளவின் பத்து இலட்சங்கோடியில் ஒரு பங்கு அளவு வெம்மை ஏறும்.

சூரியனின் எக்ஸ்-கதிர்களால் ஏற்படும் பாதிப்புகள் ஓரளவே ஆகும். தடிமனான அலுமினியத்தினால் உருவாக்கப்பட்ட செயற்கைக்கோள் என்றால் எக்ஸ்-கதிர்வீச்சுகள் செயற்கைக்கோளைத் துளைத்து உட்புகாது.

ஒருவேளை சூரியக் கிளர்வுகளும், 'கடின' எக்ஸ்-கதிர் வீச்சும் **(Hard X-ray)** வேண்டுமானால் செயற்கைக்கோள் சுவரைக் கடந்து ஒரு சில மில்லிமீட்டர் உள்ளே நுழையலாம்; அவ்வளவுதான்.

9. எடையின்மை நிலை

பொதுவாகத் திண்மப் பொருள்கள் விண்வெளியின் எடையின்மை நிலையில் அவ்வளவாகப் பாதிக்கப்படுவது இல்லை. ஆயின், நீர்மங்களும், வளிமங்களும் அவற்றின் கொள்கலன்களின் உள்ளேயே மேல்நோக்கி எம்பி உயரும்; அல்லது ஆவியாக மாறும்; அல்லது அவற்றினுள் குமிழிகள் உருவாகத் தொடங்கும். அதனால் அத்தகைய குமிழிகள் அந்தந்தத் திரவங்களின் போக்குக்குக் குழாய்களில் அடைபட்டு உந்துபொறிக்குள் அவற்றின் ஒழுக்குத் தடைபடவும் வாய்ப்பு உண்டு.

உள்ளபடியே சுழி நிலை நிறையீர்ப்புவிசைத் **(Zero gravity)** தருணத்தில் வெப்பச்சலனம் **(thermal convection)** என்பது அறவே நடைபெறாது. இதனை ஒரு பரிசோதனை வழி இங்கு விளக்கலாம். விண்கலனில் சாதாரண மெழுகுவர்த்தியை ஏற்றிவைப்போம். அங்கு அது சுடர்விட்டு எரியாது. காரணம், எரிந்த வளிமங்கள் சுடரின் விளிம்பில் போர்த்திக்கொள்ளும். அந்நிலையில் வெளியே இருந்து ஆக்சிஜன், திரி அருகே செல்ல இயலாது. அதனால் சுடர் எரியாது. இல்லையென்றாலும் ஆக்சிஜன், திரி நோக்கி மெதுவாகக் கசிந்து பரவுவதால் சுடர் நின்று எரியச் சில நிமிடங்கள் ஆகலாம்.

ஆதலால் செயற்கைக்கோளினுள் கருவிகள் இயங்கும்போது உருவாகும் வெப்பத்தைத் தணிவித்திடப் போதிய வளிமச் சுழற்சி ஊட்டப்பட வேண்டும்.

10. நுண் விண்தாதுக்கள் – அண்டத்தூசு

செயற்கைக்கோள் சூழலில் வளிமண்டலத்தின் துகள்கள் மோத வாய்ப்பு உள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, 500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் (10^{-15} கிராம்/ க.செ.மீ. அடர்த்தி கொண்ட வளிமண்டலத்தின் வழியாக) நொடிக்கு 10 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் பறந்து செல்லும்போது அதில் ஒவ்வொரு நொடியிலும் 10^{-5} கிராம் (ஒரு கிராமில் இலட்சத்தில் ஒரு பங்கு) இம்மிகள் வந்து மோதும். உண்மையில் இது 100 மைக்ரோமீட்டர் தூசி ஆகும். (மைக்ரோ

மீட்டர் என்பது ஒரு மீட்டரின் பத்து இலட்சத்தில் ஒரு பங்கு.) ஆதலால் 500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் இம்மிகளால் எழும் ஆபத்து குறைவே.

ஏறத்தாழ 10 ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை என்கிற கால இடைவெளியில் 0.3 முதல் 0.6 மில்லிமீட்டர் இம்மி (சராசரி அடர்த்தியில் 0.1 மில்லி கிராம் என்னும் குறிக்கலாம்.) செயற்கைக்கோளின் ஒரு சதுர மீட்டர் புறப்பரப்பில் வந்து மோத வாய்ப்பு உண்டு. நுண் விண்தாதுக்கள் **(micro-meteorites)** என்பவை அண்டவெளியில் வந்து மோதும் சிறு கல் அல்லது உலோகத் துணுக்கு அளவிலானவை. அவற்றை அண்டத்தூசுகள் என்றும் குறிக்கலாம். இத்தகைய விண் தாதுக்களில் அளவில் பெரியவை சில நேரங்களில் காற்று மண்டலத்தினை உராய்ந்து புவிக்குள் நுழையும்போது சூடேறி விண்மீன் விழுவதுபோல் தோன்றும். இவற்றையே விண்வீழ் கற்கள் **(meteors)** என்று சுட்டுகிறோம்.

இந்த விண்கற்கள் வளிமண்டலத்தில் மோதும் வேகம், நொடிக்கு 11 கிலோமீட்டர் முதல் 72 கிலோமீட்டர் வரை அமையும். ஒரு பேருந்தின் வேகத்தைக் காட்டிலும் குறைந்தது 4000 மடங்கு. அன்றியும் செயற்கைக்கோளும் விரைந்து நகர்ந்து கொண்டு இருப்பதனால் விண்கல் மோதினால் பாதிப்பு ஏற்படும். ஆதலால். அதன் புறப்பரப்பு வலுவானதாக அமைய வேண்டியது அவசியம்.

9

விண்கலக் கட்டமைப்பு

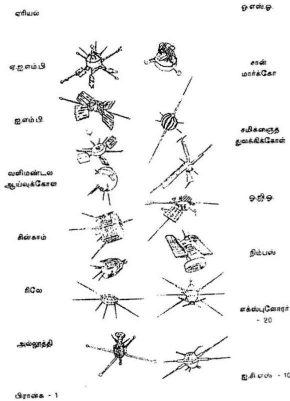
இப்புவி மற்றும் அதைச் சூழ்ந்துள்ள வளிமண்டலம் தாண்டி, சூரிய மண்டலமும் கடந்து அண்டவெளிக்குள் சீறிப் பாயும் விண்கலன்களின் ஆதாரக் கட்டமைப்பே விண்கலக் கட்டமைப்பு ஆகும். காற்று இயங்கியல் **(aerodynamics)**, காற்று வெப்ப இயங்கியல் **(aero thermo dynamics)**, வெப்பப் பரிமாற்றம், கட்டமைப்பு நுட்பங்கள், பொருளியல் தொழில்நுட்பங்கள், ஒருங்குகள் பகுப்பாய்வு போன்ற பல்வேறு அறிவியல் தொழில்நுட்பத் துறைகளின் ஒட்டுமொத்தக் கூட்டமைப்பில் உருவானதே இந்த விண்கலக் கட்டமைப்பு எனலாம்.

கட்டமைப்புப் பண்புகள்

விண்கலக் கட்டமைப்பினை விரிந்த ஆறு முக்கியச் செயற்கட்டங்களின் அடிப்படையில் விரிவாகப் பகுத்து ஆராயலாம். (1) விண்கலச் சரக்குப் போக்குவரத்துக் கையாளுதல் மற்றும் பாதுகாத்தல் கட்டங்கள் (2) சோதனைக் கட்டம் (3) உந்து ஊக்க விசைக் கட்டம் (4) விண்வெளி இயக்கக் கட்டம் (5) வளிமண்டல மீள்நுழைவு, தரை இறங்குதல் அல்லது புவிமீளுகைக் கட்டங்கள் (6) கோள்களிடைப் பயணக் கட்டம்.

விண்கலக் கட்டமைப்பு வடிவமைக்கப்படும் தறுவாயில் அது விண் வெளிச் சூழல், உருவ மாற்றம், திட்டப் பணி இலக்குகள் **(mission objectives)** ஆகியவற்றுடன் அவ்விண்கலம் ஆளின்றிப் பறப்பதற்கு உகந்ததா அல்லது விண்வெளி வீரர்களைச் சுமந்து செல்லத் தகுந்ததா என்பது போன்ற பல்வேறு தகவல்களின் அடிப்படையில் அமையும்.

விண்வெளியில் அதனைப் பாதிக்கும் வெப்பச் சூழ்நிலைகள், நிலைப் பளு அழுத்தங்கள் (**static loads**), கதிர்வீச்சு, விண்கல் தாக்குதல்கள், ஒலி அழுத்தங்கள், வளிமண்டலக் காற்றழுத்தங்கள், அண்டவெளி மண்டலச் சேர்மானங்கள், சூரியக் காற்று அழுத்தம், புவி காந்த விசைகள், நுண்கிருமி நீக்கப் போதிய வசதிகள் (**sterilisation requirements**), பழுதுற்ற பகுதிகளைப் பராமரிக்க உகந்த அணுகுமுறைகள் போன்ற இத்தகைய பண்புகள் தனித்தோ, ஒன்றோடொன்று சேர்ந்தோ விண்கலத்தில் ஏற்படுத்தும் தாக்கங்களைச் சமாளிக்கும் நுட்பங்கள் விண்வெளித் துறையில் முக்கியமானவையாகும். அவற்றை விண்கலன் கட்டமைக்கப்படும் பல்வேறு கட்டங்களிலும் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். (பல்வேறு விண்கலன்களின் கட்டமைப்பினைப் படம் 9 : 1-இல் காணலாம்.)



படம் 9.1: பல்வேறு செயற்கைக்கோள் வடிவங்கள்

1. சரக்குப் போக்குவரத்துக் கையாளுதல், பாதுகாத்தல் கட்டங்கள்

புவியில் விண்கலத்தைக் கையாளும் சூழல் மிக முக்கியமானது. விண்கலத்தை இடம் விட்டு இடம் கொண்டு செல்லும்போது அதனைச் சுமந்து செல்லும் சரக்கு வாகனத்தில் ஏற்படும் அதிர்வுகளைத் தாங்கிக்கொள்ளும் திட்பம் விண்கலக் கட்டமைப்பில் இன்றியமையாததாகும்.

அவ்வாறே விண்கலத்தைத் தொகுத்துத் தயாராக்கும் கூடங்களிலும் அவற்றை ஒருங்கூட்டி இணைக்கும்போதும், அறைக் காற்றின் ஈரப்பதம் உகந்ததாக அமையவேண்டும். ஏனெனில் ஈரப்பதம் மற்றும் தட்பவெப்பம் காரணமாக விண்கலக் கட்டமைப்புக்குரிய சில பாகங்கள் ஆக்சிகரணம் அடையவோ, துருப்பிடிக்கவோ மாசுபடவோ கூடும். ஆதலால் விண்கலத்தைக் கட்டமைக்கப் பயன்படுத்தும் பொருள் தனிச்சிறப்பு மிக்கதாக இருக்கவேண்டும். மேலும் சரக்கு வாகனத்திலும், தொகுப்புக் கூடங்களிலும் அறைக் காற்று அசுத்தம் இன்றியும், மாசுக் கட்டுப்பாட்டு வசதிகள் கொண்டதாகவும் இருக்கவேண்டும்.

செயற்கைக்கோளையோ, ஏவுகலன்களையோ வெவ்வேறு பணிக்கூடங்களுக்குக் கொண்டு செல்வதற்கென்றே சிறப்பான வாகனங்கள் பயன்படுத்தப்பெறும். பாதுகாப்புக் கருதி அவற்றினை மிக மெதுவாகவே ஓட்டிச் செல்ல வேண்டும். காரணம், விண்ணூர்தியின் எந்த உறுப்பும் பாதுகாப்பான அதிர்வு வரம்புகளுக்கு உட்பட்டே கையாளப்பட வேண்டும்.

விண்வெளிப் பயன்பாட்டிற்கு ஏற்ப விண்கலத்தின் எடையும் மாறுபடும். ஒரு கிலோ எடையைச் சுமந்து செல்லும் ஒரு சாதாரணப் போக்குவரத்து விமானத்தின் கட்டமைப்பு ஏறத்தாழ 10 கிலோ கூடுதல் எடை கொண்டதாக அமையும்.

மிகையொலி வேக **(supersonic)** விமானம் போன்ற விண்ணூர்திகள் என்றால் அதே ஒரு கிலோ எடையைச் சுமந்து செல்வதற்கு அவை 20 கிலோ எடையுடன் கட்டமைக்கப்படும்.

அதேவேளையில் ஒருவழி, பயணத்தின்போது சந்திரனுக்கு ஒரு கிலோ எடையைச் சுமந்து செல்ல 400 கிலோ ஏவுகலன் தேவை. இதன் பொருளாவது, பயன்சுமை **(payload)** ஒரு கிலோவானால், ஏவுகலன் எடை 400 கிலோ என்பதாகும். அதனாலேயே விண்கலனில் தேவையின்றி ஒரு இம்மி எடைகூட இடம்பெறாதபடித் திட்டமிட்டு வடிவமைக்கப்பட வேண்டும்.

விண்கலன் எடை பயனின்றி அதிகரித்தால் அந்த விண்கலனை விண்ணில் செலுத்த எரிபொருள், அதன் பொறிகலன் போன்ற பல்வேறு

துணை அமைப்புகளின் எடையும் அதிகரிக்கும். இதனால் பொருள் விரயம் மட்டுமன்றி, விண்கலனின் செயல்திறனும் பாதிக்கப்படும்.

2. சோதனைக் கட்டம்

திட்டப்பணிகளுக்கு ஏற்றவாறு விண்கலன் கட்டமைப்பு சோதனைசெய்து பார்க்கப்படும். விண்கலன் ஆக்கப் பொருள், தயாரிப்பு, எதிர்பார்த்த சுமைகள் ஆகியவை சார்ந்து விண்கலன் சோதனை வரம்புகள் வரையறுக்கப்படும்.

3. உந்து விசைக் கட்டம்

விண்கலன் ஏந்திச் செல்லும் ஏவூர்தி, வானில் ஒரு குறித்த வளிமண்டல எல்லைகளைத் தாண்டிய பின் அதன் வேகம் அதிகரிக்கப்பட வேண்டும். மேலும் அதனை விண்வெளியில் நிர்ணயித்த ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் நிலைநிறுத்தவோ, ஒரு குறித்த பாதையில் சுற்றவிடவோ வேண்டும்.

புவி நோக்கி அது தகவல் அனுப்பும் விதத்தில் அதன் அலைபரப்பிகள் திருப்பி வைக்கப்பட வேண்டும். அதே வேளையில், சூரிய ஒளியினால் மின்னாற்றல் உற்பத்தி செய்யும் வகையில் விண்கலனின் சூரியப் பலகைகள் சூரியனை நோக்கியவாறு அமையவும் வேண்டும். இதே திசைப்போக்கில் விண்கலன் தனது ஆயுள்காலம் முழுவதும் புவியைச் சுற்றி வர வேண்டும்.

அவ்வாறே, புவி விட்டு ஏனைய கோள்கள் நோக்கிச் செல்லும் விண் ணூர்தியில் கூட அதன் அலைபரப்பிகள் புவியை நோக்கியபடி இருக்கவேண்டும்.

ஒவ்வொரு விண்வெளித் திட்டத்திற்கு ஏற்பவும் விண்கலன் வேகம் மாறுபடும். புவி சுற்றுவட்டப் பாதையில் இயங்கும் விண்கலனுக்கு நொடிக்கு 8 கிலோமீட்டர் வேகம் போதுமானது. அதே வேளையில் கோள்களிடை அல்லது சந்திரப் பயணத்திற்கு நொடிக்கு 11 கிலோமீட்டருக்கும் கூடுதலான வேகம் ஊட்டப்பட வேண்டும். இந்த நவீன ஏவுகலன்களில் வேதியியல் உந்து எரிபொருள்களும் **(chemical propellants)**, பல கட்டப் பொறிகளும் **(multi-staged engines)** தேவைப்படும்.

இந்தியாவின் ஜி.எஸ்.எல்.வி **(GSLV)** எனப்படும் 'புவி ஒத்தியக்கச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன்' **(Geosynchronous Satellite Launch Vehicle)**, அமெரிக்காவின் டெல்டா ஏவுகலன், பிரெஞ்சு நாட்டு ஏரியன், ரஷ்சியாவின் எனர்ஜியா, சீன நாட்டு லாங் மார்ச்சு, ஜப்பான் நாட்டு 'எச்' ரக ஏவுகலன்கள் இதற்கான சில எடுத்துக்காட்டுகள்; ஏறத்தாழ 900–5000 கிலோ எடையை புவி ஒத்தியக்கப் பாதையில் சர்வ சாதாரணமாகக் கொண்டு சேர்க்கும் ஆற்றல் உடையவை.

வானில் பறந்து செல்லும்போது விண்கலனின் குத்துயரத் தொலைவு, அதன் பயணக் காலம் ஆகியவற்றுக்கு ஏற்பப் பயணத்தடம் **(trajectory)**, விரைவு **(velocity)** ஆகியவை மாறுபடும்.

ஏவுகலனின் உந்துவிசைக்கும் அதன் ஆரம்ப எடைக்கும் இடையிலான விகிதம் **(Thrust-to-Weight Ratio)** கூடுதலானால் வேகம் அதிகரிக்கும். அதனால் குறைந்த எடையில் கூடுதல் உந்துவிசை தரவல்ல விண்பொறிகள் தயாரிக்கப்பட வேண்டும். மேலும் பயணத்தின்போது அதில் நிறைக்கப்பட்டுள்ள எரிபொருள் தீருந்தோறும், ஏவுகலனின் எடையும் குறைந்துகொண்டே வருவதனால் அதன் வேகம் மேன்மேலும் அதிகரிக்கும்.

அன்றியும் காற்றுமண்டலத்தைக் கடந்து செல்லும்வரை ஏவுகலன் ஏற்கும் புற அழுத்தமும் **(external pressure)**, காற்று இழுப்பு விசையும் **(aerodynamic drag)** அதிகம். விண்கலன் வடிவமைப்பின்போது இத்தகைய முக்கிய அளவீடுகள் பரிசீலிக்கப்படுவது உண்டு.

4. விண்வெளி இயக்கக் கட்டம்

இந்தியாவின் 'இன்சாட்' போன்ற செயற்கைக்கோள்கள் தரைமட்டத்தில் இருந்து ஏறத்தாழ 36000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் புவிசுற்றி வருகின்றன. அத்தகைய விண்கலன்கள் அண்டவெளியில் இருந்து வந்து விழும் விண்கற்களால் பாதிக்கப்படலாம்; அல்லது ஏற்கெனவே செலுத்தப்பட்ட விண்கலனில் இருந்து விடுபட்ட சில உதிரி பாகங்கள் ஆகிய விண்வெளிக் குப்பைகளாலும் சேதமுறக் கூடும். இத்தகைய மோதல்களைத் தாங்கிக்கொள்ளும் விதத்தில் விண்கலன்கள் திடமானவையாக இருக்க வேண்டும்.

அன்றியும் விண்வெளி வீரர்கள் பறந்து செல்லும் விண்கப்பல்கள் **(spaceships)** அல்லது விண்சுற்றுக் கூடங்கள் **(space stations)** ஆகியவற்றில் மனிதர் தங்கி வாழப் போதிய காற்றழுத்தம், வெப்பநிலை, வெளிச்சம் முதலான அனைத்து வசதிகளும் இடம்பெற வேண்டும்.

அது மட்டுமன்றி, விண்கலனுக்குள் மனிதனின் அன்றாடத் தேவைகளான உணவுப்பொருள்களும், நீரும் மின்சாரமும் அவசியம். இன்னும் சொல்வதானால் விண்கலனில் மனிதனின் நித்திய இயற்கை உபாதைகளுக் குரிய கழிப்பிடமும் தேவை. எல்லாவற்றுக்கும் அந்த விண்கலனுக்குள் இடவசதிகள் வேண்டும்.

அவை தவிர, விண்சுற்றிப் புவிமண்டலத்தினுள் மீண்டும் நுழையும் மனித விண்கலன்களை வடிவமைப்பதில் மிகச்சிறந்த தொழில்நுட்பங்கள் தேவைப்படும். இத்தகையத் தொழில்நுட்பங்களில் ரஷியா, அமெரிக்கா ஆகிய

நாடுகள் முன்னேற்றம் கண்டுள்ளன. இந்தியாவிலும் இத்துறையில் 'விண் கூடு மீட்புப் பரிசோதனை' **(Space Capsule Recovery Experiment)** போன்று சில ஆரம்பப் பரிசோதனைகள் வெற்றிகரமாக நடத்தப்பட்டுள்ளன.

விண்வெளி விட்டுக் காற்று மண்டலத்தில் நுழையும் விண்கலத்தின் புறப்பகுதி அதீதச் சூடேறும். இத்தகைய காற்று இயங்கியல் உராய்வினைத் தாங்கிக்கொள்ளும் வண்ணம் விசேட வெப்பத் தாங்கிப் பொருள்களால் மீள்பயன் ஏவுகலன்கள் **(reusable launch vehicles)** கட்டமைக்கப்படும். இதற்கு கரி,கரி இழை மற்றும் சிலிக்கா-ஃபீனாலிக் வகைக் கோவைப் பொருள்கள் **(composite materials)** பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (பார்க்க: அட்டவணை 9:1)

மேலும் ஏவூர்தியாகக் கிளம்பி உயர்ந்து எழுந்து புவி சுற்றிவிட்டு விமானம் மாதிரி தரை இறங்கும் விண்வெளி ஓடங்களுக்கும் இதே தொழில் நுட்பம் பொருந்துவதாகும். அதற்காகவே விண்வெளி ஓடங்களின் **(space shuttles)** புறப்பரப்பில் இப்போது விசேட அடுமண் பளிங்கு ஓடுகள் **(ceramic tiles)** பதிக்கப் பெறுகின்றன. இவை காற்று மண்டல உராய்வினால் எழும் வெப்ப மிகுதியையும் தாங்கிக் கொள்ளும் ஆற்றல் கொண்டவை.

வடிவமைப்புக் கருத்தாக்கங்கள்

இனி விண்கலன் வடிவமைப்பில் கருத்தில் கொள்ளவேண்டிய அளவீடுகள் குறித்துக் காண்போம்.

புவிமண்டலம் விட்டுச் சந்திரனுக்கோ, பிற கோள்களுக்கோ, விண் மீன்கள் நோக்கியோ பயணம் செய்யும் விண்ணூர்திகள் **(space crafts)** அல்லது அண்டவெளிக்குள் செல்லும் விண் ஊடுருவிகள் **(space probes)** அதிகுளிர் நிலைக்கு உள்ளாகின்றன. அத்தகைய அதீதக் குளிர் நிலையிலும் பழுதுறா வகையில் விண்கலக் கட்டமைப்புகள் அமைதல் வேண்டும்.

ஆழ் விண்வெளியின் வெப்ப நிலை பனி உறை நிலைக்கும் ஏறத்தாழ 270 பாகை குறைவு எனக் கண்டோம். திரவ ஹீலியத்தின் குளிர்நிலை அது. மேலும் அண்டவெளியில் அபாரமாக வீசும் சூரியக் காற்றும், அண்டங்களிடை பரவியுள்ள 'காஸ்மிக்' அண்டக் கதிர்வீச்சுகளும் போன்ற புதிரான கதிர்வீச்சு அபாயச் சூழலிலும் தடையின்றி இயங்குமாறு விண்கலத்தினைக் கட்டமைத்தல் அவசியம்.

அட்டவணை 9 : 1

காரணிகள்	ஏவுதல் கட்டம்	பயணக் கட்டம்	மீள்(நுழைவுக் கட்டம்
தொழில் நுட்பக் காரணிகள்	1. ஏவூர்தித் திறன் 2. தள்ளுவிசைத் திசை 3. கட்டமைப்பு உறுதி 4. ஏவுகட்டங்கள் செயல்பாடு	1. செயற்கைக்கோள் உட்பட மொத்த எடை 2. விண் தாதுக்கள் துகள்கள், அணுக்கள், அயனிகள், மின்னணுக்கள் ஏற்படுத்தும் தாக்கம் 3. மின் காந்தக் கதிர்வீச்சு 4. கதிர்வீச்சுச் சூடாக்கம் மற்றும் குளிர்விப்பு	1. இயக்க வெப்பத் தடை 2. வெப்பப் பரவலும் தணிவும் 3. வெப்ப அதிர்ச்சி தாங்கும் கட்டுமானப் பொருள்கள் 4. வெப்பக் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் இயக்கம்
பொருள் காரணிகள்	1. மீள் திறன் குணகம் அடர்த்தி விகிதம் 2. ஏவூர்தி புறக் கூம்புக் குழல் அரிமானம் 3. எரிபொருள் கொள்கலனின் குளிர் சூழ்நிலைகள் 4. திட உந்து எரிகலன்கள் கட்டமைப்புப் பொருள்கள் 5. ஒலித் தளர்வு	1. தாழ்வு அழுத்தத்தில் திடப் பொருள்களின் செயற்பாடு 2. கதிர்வீச்சு சேதம் 3. ஒளிபுகு நிலை 4. கதிர்வீச்சு உமிழ்திறன் 5. கதிர்வீச்சுத் தடுப்பு 6. மோதல் தடுப்பாற்றல் 7. புறப் பரப்புப் பொருள் சுமை, உராய்வு தாங்கு தன்மை 8. கசிவுத் தடை வளையங்கள் 9. மின் கருவிகள், அரைக்கடத்திகள் செயல்பாடு 10. எடை குறைந்த கட்டுமானம் 11. கோவைப் பொருள் தொகுப்புகள்	1. வெப்ப அழுத்தங்கள் 2. ஏறத்தாழ 8000 பாகை தனி வெப்ப நிலையிலும் பழுதுறாத் திறம் 3. அரிமானம் 4. வெப்பத் தேய்மானம் 5. வெப்பத் தணிவிப்பு 6. பாதுகாப்புப் புறப்பூச்சுகள்
சிறப்புப் பொருள் களில் ஆர்வம்	1. கிராஃபைட் 2. வெப்பப் பிரதிபலிப்பு ஆக்சைடுகள் 3. கார்பைடுகள், நைட்ரைடுகள், போரைடுகள் 4. கட்டமைப்புப் பிளாஸ்டிக்குகள் 5. எஃகுகள் 6. நிக்கல் உலோகக் கலவைகள் 7. கோபால்ட் உலோகக் கலவைகள் 8. அடர்த்தி குறைந்த கட்டுமானப் பொருள்கள்	1. இலகு உலோகக் கலவைகள்: அலுமினியம், மக்னீசியம், டைட்டானியம், பெரிலியம் 2. பாலிமர்கள் மற்றும் நீள்திறன் பொருள்கள்	1. கிராஃபைட் 2. நெகிழிகள் 3. அடுமண் பொருள்கள் குறிப்பாக அடுமண் வலுவூட்டிய பொருள்கள் 4. மாலிப்டினம் 5. நியோபியம்

1. நீர்ம உந்து எரிபொருள் தொடர்பான அழுத்தங்கள்

விண்கலனில் நீர்ம உந்துப் பொறிகள் இடம்பெறுமானால் அதன் கொள்கலனில் நிறைந்துள்ள திரவ எரிபொருள்கள் சார்ந்து வேறு சில பிரச்சினைகள் உருவாகும். அதாவது விண்கலன் உயர்ந்தெழும்போது அதன் உள்ளுக்குள் அவை அதிக ஓசையுடன் அலம்பி **(slashing)** அலைமோதும். அதனால் ஏவுகலன் இயக்கத்தில் சில தடுமாற்றங்கள் நிகழக்கூடும். அதனைத் தாங்கிக்கொள்ளத்தக்க உறுதியான கட்டமைப்புகள் தேவை.

அவ்வாறே, நீர்ம உந்து பொறிகலன்களில் வெறுமனே எரிபொருளோ அல்லது ஆக்சிகரணியோ மட்டும் நிரப்பப்படுவது இல்லை. அந்தந்தக் கலன்களுக்குள் நீர்மங்களின் மேல் நைட்ரஜன் போன்ற வினையற்ற வளிமமும் இடம்பெறும். அந்த வளிமத்தினால் அழுத்தப் பெறும்போதே எரிபொருளோ, ஆக்சிகரணியோ கனற்சிப் பொறியினுள் செலுத்தப்படுகிறது. அந்நிலையில் அந்தந்த நீர்மமும் கலனுக்குள் தன்னளவில் அதிர்ந்து கொண்டும் இருக்கும். அப்போது எழும் நீர்ம அதிர்வுகளால் **(PO-GO)** உந்துபொறிக்குள் போதிய எரிபொருள் செலுத்தப்படாமலும் போகலாம். அதற்காகவே நீர்ம அதிர்வுத் திருத்தி **(po-go corrector)** நீர்ம எரிபொருள் பாதையில் பொருத்தப்படும். இது நீர்ம எரிபொருளை அழுத்துகிற வளிமத்தின் சீரான செயல்பாட்டிற்கு உதவும். இதனால் விண்கலன் குறைபாடின்றி முழுமையாக இயங்கும்.

போதிய அழுத்தத்திலும், வெப்ப நிலையிலும் எரிபொருளை உந்து பொறிக்குள் செலுத்தும் அமைப்புகள் சிக்கலானவையாகும்.

மேலும் பொறியினுள் எரிபொருள் கனன்று எரியும்போது எழும் அதிர்ச்சி, அதிர்வுகள், விண்கலன் வேக வளர்ச்சி அல்லது தளர்ச்சியின்போது ஏற்படும் நிலைமாற்றங்கள் போன்றவற்றுக்கு ஏற்ப நீர்மங்கள் தங்கு தடையின்றிப் பாய்ந்தொழுக வேண்டும்.

2. கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகள் (Control units)

பொதுவாக, விண்கலனில் கையாளப்படும் கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகள் விண்வெளிக் கட்டமைப்பின் ஜடநிலைப் பளுவை அதிகரிப்பதாகவே அமையும். அதனால் கூடிய மட்டும் அந்த ஒருங்குகளின் எடை குறைந்ததாகவும், திறன் உயர்ந்ததாகவும் கொண்ட விசேடப்பொருள்கள் அதன் கட்டமைப்பில் இடம்பெறும். குறிப்பாக, பலவகை நெகிழிப் பொருள்கள் **(plastics)** விண்கலக் கட்டமைப்பில் இன்று மிகுந்த பயன் தருகின்றன.

ஆயின் அவற்றின் விறைப்புத் தன்மை **(stiffness)** குறைவாகும். அன்றியும், அதன் இழுமத் தகைவெண் **(modulus of elasticity)** எனப்படும் மீள்திறன் குணகம் இயல்பாகவே குறைவாக இருக்கும். எனவே இந்தக் குறைந்த விறைப்புத் தன்மையுடன் கூடிய பொருளினால் கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகள் சீராக வடிவமைக்கப்பட வேண்டும்.

ஆனால் விண்கலக் கட்டமைப்பின் விறைப்புத் தன்மை குறையக் கூடாது. அவ்விதம் குறைந்தால் அது கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகளின் இயக்கத்திற்குப் பாதகமாக அமையும். அதனால், கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகள் வடிவமைப்பில் இத்தகைய கருத்தாக்கங்களைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

3. அழுத்தக் கலன்கள் (pressure vessels)

விண்கலன்களில் இடம்பெறும் அழுத்தக் கலன்கள் வடிவமைப்பில் 'கீறல்வயத் தன்மை' **(notch sensitivity)** மிகவும் முக்கியம்.

ஒரு பொருளை அதன் இரண்டு செங்குத்து அச்சுகளிலும் எதிர் எதிராக இழுத்தால் அதாவது, நான்கு திசைகளில் இழுபடும் பொருளின் நொறுங்கு தன்மை (brittleness) இந்தக் கீறல் வயத்தன்மையினால் குறிப்பிடப்பெறும்.

உளி வெட்டு மாதிரி காடிப் பள்ளம் விழுந்த ஒரு பொருளின் ஈரச்சு நீட்சித் தகைவு **(biaxial strain)**, பழுது இல்லாத நல்ல பொருளின் உயர் நீட்சித் தகைவு ஆகியவற்றுக்கு இடையிலான விகிதமே இந்தக் கீறல் வயத்தன்மை. இவ் விகிதம் ஒரு நல்ல வடிவமைப்பில், எப்போதும் 1 என்னும் அளவாகவே இருத்தல் வேண்டும்.

மேலும் அழுத்தக் கலன்களின் இறுதி நீள்திறன் **(Ultimate Tensile Strength)** அளவு முக்கியம் ஆகும். அதிகபட்ச அழுத்தத்தின் உச்சத்தில் கலன் வெடித்து விடும் நிலையை முன்னறிவிக்கும் வரம்பு அளவு இது. அழுத்தக் கலன்கள் உயர் வெப்பநிலையால் பாதிக்கப்படக்கூடும். ஆயின் இவை குறைந்த கால அளவே உயர் வெப்பநிலைக்கு உள்ளாவதனால் சராசரி இறுதி நீள்திறன் போதுமானது.

அழுத்தக் கலன்கள் பொதுவாக 35–70 கிலோகிராம்/சதுர சென்டி மீட்டர் அழுத்தம் வரை தாங்கக்கூடியனவாக இருக்க வேண்டும். அதேவேளையில் நீர்ம உந்து எரிபொருள் கொள்கலன்களோ, அழுத்தக்கலன்களின் திறனில் ஆயிரத்தில் சில பங்காகவே அமையும். அவை சதுர சென்டிமீட்டரில் வெறும் 700 கிராம் முதல் 7 கிலோ கிராம்

(0.069-0.690 மெகா பாஸ்கல்) அளவு அழுத்தம் தாங்கக்கூடியதாக இருந்தாலே போது மானதாகும்.

4. மீள்நுழைவுப் பளுக்கள் (re-entry loads)

காற்றியங்கியல் முறையில் விண்கலனுக்கு ஊட்டப்படும் பளுக்கள் இங்கு முக்கியம். ஒரு சில வேளைகளில் விண்கலன்கள் புவி திரும்புவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்போது காற்று மண்டலத்தினுள் நுழையும் விண்கலனுக்குப் போதிய பளு தாங்கும் திறன் அவசியமாகும்.

5. நிறையீர்ப்பு இடைமாற்றப் பளுக்கள் (Gravity gradient loads)

புவி போன்ற நிறையீர்ப்பு விசை மிக்க சூழ்நிலையில் இத்தகைய ஈர்ப்புப் பளுக்கள் மிக முக்கியம். அதாவது, விண்கலக் கட்டமைப்பில் வெவ்வேறு பகுதிகளில் இடம்பெறும் நிறையீர்ப்பு விசை மாற்றங்களுக்கு ஏற்ப அதனை வடிவமைக்க நேரும். எடுத்துக்காட்டாக, 'கதிரலை வானவியல் ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்' **(Radio Astronomy Explorer)** இத்தகைய நிறையீர்ப்பு விசைப் பளுக்களுக்கு ஏற்ப வடிவமைக்கப்பட்டதாகும்.

6. வளிமண்டல இழுப்பு விசை (atmospheric drag)

புவிசுற்றி வரும் விண்கலனிற்குப் போதிய இயக்கவிசை அவசியம். இல்லையெனில் அது மெல்ல மெல்ல தன் விசை இழந்து வேகம் தளர்ந்து வளிமண்டலத்தினுள் நுழைந்து கரிந்துவிடக் கூடும்.

அமெரிக்காவின் 'ஸ்கைலாப்-1' விண்கூடம் தனது சுற்றுப்பாதையில் விலகியதனை அறிவோம். அது 1979 ஜூலை 11 அன்று காற்று மண்டலத்தினுள் புகுந்து புவிக்குள் வந்து மேற்கு ஆஸ்திரேலியா அருகே இந்தியப் பெருங்கடலில் விழுந்தது. அவ் விண்கலக் கட்டமைப்பு உறுப்புகள் வான்வெளியில் நொறுங்கிப் பல்வேறு துண்டு துணுக்குகளாக ஏறத்தாழ 74 கிலோமீட்டர் அகலமும், 4400 கிலோ மீட்டர் நீளமும் அடங்கிய பரந்த பகுதியில் பரவலாகச் சிதறி விழுந்தன. ஏதாயினும் இத்தகைய விபத்துகள் நேராதபடி வளிமண்டல இழுப்புவிசையைத் தாங்கும் அதீதத் திறன் கொண்டதாக விண்கலன்கள் வடிவமைக்கப்பட வேண்டும்.

7. சூரியக் கதிர்வீச்சு அழுத்தம் (solar radiation pressure)

வான்வெளியில் புவி சுற்றிவரும் விண்கலன்கள் சூரியனின் அபாரக் கதிர்வீச்சு ஆற்றலுக்கு உட்படுவது இயல்பு. அசுரக் காற்று மாதிரியே சூரியக் கதிர்வீச்சு ஊட்டும் அழுத்தமும் விண்கலக் கட்டமைப்பில் மிக முக்கியம்.

8. விண்கல் துகள்கள் (meteoric particles)

விண்வெளியில் அங்கிங்காக விண்கற்கள் பல திசைதவறி இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. அவற்றில் சிலவேனும் விண்கலன்களின் மீது மோத வாய்ப்பு உள்ளது. இந்த மோதலால் விண்கலனில் பாதிப்புகள் எழுவது இயற்கை. சில நேரங்களில் அதன் புறப்பரப்பில் மோதல் மூலம் பள்ளங்கள், ஓட்டைகள், விரிசல்கள் ஏற்படலாம். ஏனெனில் அவை சீறிப்பாயும் துப்பாக்கி ரவைகள் போன்றவை. அவற்றின் வேகம் நொடிக்கு ஏறத்தாழ 68 கிலோ மீட்டர் ஆகும்.

9. ஆற்றல் கதிரலைகள்

விண்வெளியில் நீண்டகாலம் இயங்க வேண்டிய விண் கலன்களுக்கு அண்டக்கதிர் வீச்சில் இருந்து உரிய பாதுகாப்பும் தேவை. இதற்கென அவற்றின் மீது கோவைப்பொருளால் ஆன கட்டமைப்பு இடம் பெறும். அத்தகைய நெகிழிக் கோவைப்பொருள்களால் மட்டுமே அண்டக் கதிர்வீச்சு மற்றும் சூரியக் கிளர்வுகளின்போது வெளிப்படும் கதிரலைகளைத் தாக்குப் பிடிக்க இயலும் நிலை அமைய வேண்டும்.

10. அதீத வெப்பச் சூழல்

வேற்றுக் கோள்களிலோ, பிற கோள்களின் சந்திரன்களிலோ சென்று இறங்க வேண்டுமானால், விண்கலன்களுக்குத் தனிச் சிறப்பான வடிவமைப்பு அவசியம். அதிலும் குறிப்பாக, அந்தக் கோள்களின் மிகக் குறைந்த அல்லது மிகத் தாழ்ந்த முற்றிலும் மாறுபாடான வெப்பச் சூழல்களைத் தாங்கும் திறன் மிக அவசியம்.

11. முடுக்க விசைகள் (acceleration forces)

ஒரு விண்கலன் ஏவுதளத்தில் இருந்து சீறிப் பாய்ந்து வானில் உயரும் போது, அதன்மீது ஏவுகலனின் விரைவூட்டம் செலுத்தும் விசைகள் அதிகம். அவ்வாறே, ஏவுகலனின் ஒவ்வொரு உந்து கட்டமும் எரியும்போதும், எரிந்து

முடியும்போதும், இறுதியில் ஏவுகலனில் இருந்து கழற்றி விடப்படும்போதும் விண்கலன் இயக்கத்தில் நிறையீர்ப்பினால் எழும் பாதிப்புகள் அதிகம். அந்த முடுக்க விசைகளைத் தாங்கும் வலிமையான கட்டமைப்பே இங்கு வேண்டப்படுவதாகும்.

12. பொருள்கள் தேர்வு

விண்கலன் கட்டமைப்பில் இன்று பல்வேறு நவீனப் பொருள்கள் இடம் பெறுகின்றன. அலுமினியம், மக்னீசியம், டைட்டானியம், இரும்பு, எஃகு, துருப் பிடிக்காத எஃகு, மிகை உலோகக் கலவைகள் **(super-alloys)** மற்றும் நெகிழிப் பொருள்கள் போன்றவை அவற்றில் குறிப்பிடத்தக்கவையாகும்.

விண்கலனின் கட்டமைப்பு பொதுவாக எடை குறைந்ததாக இருக்க வேண்டும்; அதே வேளையில் கூடுதல் வலுவுடையதாகவும் இருக்க வேண்டும். உயர் இழுமத் தகைவெண் **(Modulus of Elasticity-** மீள்திறன் குணகம்) கொண்ட டைட்டானியம், பெரிலியம் உலோகக் கலவைகள் அடர்த்தி குறைந்தவை. அவற்றின் மீள்திறன் குணகம்–அடர்த்தி விகிதம் மிக அதிகம். அதனால் இந்த உலோகக் கலவைகளுக்குப் பெரும்பாலும் வடிவூட்டுதல் சற்றுக் கடினம். அதனாலேயே விண்கலன்களில் அலுமினியம், மக்னீசியம், துருப்பிடிக்காத விசேட எஃகு இரும்பு உலோகங்களால் ஆன கட்டமைப்பே இடம்பெறுகின்றன.

ஆயின், மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு மற்றும் காந்தப் புலத்தினால் பாதிக்கப் படாத கட்டமைப்புக்கு நெகிழி ('பிளாஸ்டிக்') வகைப் பொருள்களே உதவு கின்றன. மேலும் விண்ணில் சீறிப் பாயும் ஏவுகலனின் கட்டமைப்பு படபடத்து அதிர்வுறும். என்றாலும் அதிர்வுகள் உடன் தளர்ந்து சமனிலை அடைய வேண்டிய சூழ்நிலைகளில் இந்த நெகிழிகளே பயன்படும். வெப்பக் கவசங்கள், வெப்பத் தடுப்பு உறைகள், வெப்பநிலைக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகளில் 'மைலார்' **(mylar)** எனும் விசேட நெகிழிப் பொருள் கையாளப்பெறுகின்றது.

13. பறப்பதற்கான தேவைகள்

விண்கலனை வானில் செலுத்துதல், விண்வெளிப் பயணம், புவிக்குள் மீள் நுழைவு ஆகிய முக்கிய மூன்று கட்டங்களில் கையாளத் தகும் கட்டமைப்புப் பொருள்களை அட்டவணை 9 : 1 குறிப்பிடப்படுன்றது.

ஏவுகலன் விண்ணில் செலுத்தப்படும்போது காற்று மண்டல உராய்வினால் புறப்பரப்பு அதிக வெப்பம் அடையும். அந்த வெப்ப அளவு

விண்கலனின் வடிவமைப்பு, பயண இயல்பு, விரைவு, பயண உயரம் ஆகியவற்றுக்கு ஏற்ப மாறுபடும். மேலும் காற்று மண்டலத்தில் அதன் பறத்தலுக்குரிய கோணம், காற்று இழுப்பு விசை போன்ற பல்வேறு சூழ்நிலைகளும் விண்கலன் வெப்ப நிலைமையைக் கட்டுப்படுத்தும்.

செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன்களைப் பொறுத்தமட்டில், அவற்றின் அதிகபட்ச இயக்கம் ஏறத்தாழ 10–20 நிமிடங்களே. ஆதலால் அவற்றின் புற வெப்ப நிலைகளைக் கட்டுப்படுத்துதல் எளிது.

1. ஏவுகணையின் புறப்பரப்பில் எளிதில் உருகக் கூடிய, ஆவியாகக் கூடிய அல்லது நீர்மநிலை அடையாமலே நேரடி ஆவியாக, பதங்கமாகக் கூடிய விசேடப் பூச்சுகள் இடம்பெறலாம்.

2. வெப்பத் தணிவிப்புக்காகப் புற வெப்பத்தை உறிஞ்சி வெளிவிடாத விசேடப் பொருள்களும் பூசலாம்.

3. புறப்பரப்பில் இடம்பெறும் பூச்சுப் பொருள் வெப்பத்தை உறிஞ்சித் தனது படிக நிலையில் மாற்றம் அடைவதன் மூலம் புறப்பரப்பினைக் குளிர்விக்கலாம்.

4. வெளிச் சுவாச முறையில் விண்கலனின் புறப்பரப்பில் சிறு நுண் துளைகள்வழியாக இலேசான வளிமம் கசிந்து வெளியேறச் செய்வதன் மூலம் புறப்பரப்பைக் குளிர்விக்கலாம். இது வியர்வை ஒத்த குளிர்விப்பு **(respiratory cooling)** முறையாகும்.

5. நேரடியான கனற்சி வெப்பத்திற்கு உள்ளாகும் கலன்களில் வெப்ப அவிபடு பொருட்கள் **(Heat ablatives)** பயன்படுத்தப்படும். உயர்ந்த அளவு வெப்பத்தை ஏற்றுத் தன் உருத் தேய்கின்ற பொருளே அவிபடு பொருள் ஆகும். அது குறைந்த வெப்பக் கடத்து திறன் உடையதாக இருக்க வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, குவார்ட்ஸ் **(quartz)** போன்ற அடுமண் பொருள்கள் ஏறத்தாழ 1600 பாகை செல்சியஸ் வெப்பத்தை ஏற்றுத் தன்னளவில் உள்ளுரு மாற்றம் அடைந்து வெப்பத்தைத் தணிவிக்கும். அதனால் உயர்ந்த வெப்ப நிலைகளில் குவார்ட்ஸ் சிறந்த வெப்பத் தணிவிப்புப் பொருளாக உதவுகிறது. ஏனைய பொருள்கள் அத்தகைய உயர்வெப்ப நிலைகளில் சிதைந்து போகும்.

10

விண்ணூர்திச் சோதனை

விண்ணூர்தி வானில் பறக்கும்போது அத்தகைய இயக்கச் சூழலில் ஏற்படும் இயல்பு மாற்றங்களையும், இயற்பியல் பண்புகளையும் அளந்து அறிய வேண்டுவது அவசியம். இதற்கென விண்ணூர்தி முழுமையாகவோ, அதன் உட்கூறுகள் தனித்தனியாகவோ பல்வேறு சோதனைகளுக்கு உட்படுத்தப்படும். செயற்கைக்கோள் அதனைச் சுமந்து செல்லும் ஏவுகலன் அல்லது ஏவூர்தி, அண்டவெளி ஆய்வுக்கான விண்கலன் போன்றவற்றில் நடத்தப்பெறும் ஆய்வுகளே விண்ணூர்திச் சோதனைகள் ஆகும்.

இங்கு விண்ணூர்தி விண்வெளியில் பறக்கும் சூழல் பாவனை செய்யப் பட்டுப் பரிசோதிக்கப்படும்; அல்லது உண்மையாகவே அதனை விண்ணில் பறக்கவிட்டும் பரிசோதிக்கப்படலாம்.

ஒரு விண்ணூர்தியின் வடிவமைப்பு, மேம்பாடு மற்றும் ஏற்புநிலை ஆகிய தர வரைமுறைகளைப் பொறுத்தமட்டில் இத்தகைய சோதனைகள் மிக இன்றியமையாதவை. இவ்வகை ஒட்டுமொத்த ஒருங்கமைப்புகளின் சோதனைகளும், விண்ணூர்திச் சோதனையாகவே குறிக்கப்பெறும்.

சோதனை நோக்கங்கள்

விண்ணூர்தியின் உட்கூறுகள், பறக்கும்போது ஏனைய உட்கூறுகளோடு எவ்விதத்தில் இடைவினை புரிகின்றன என்றோ, ஒத்து இயங்குகின்றன என்பதையோ அறிய இச் சோதனை உதவும். பொதுவாக இச் சோதனையின் நோக்கங்களை ஐந்து பெரும்பிரிவுகளாக வகுக்கலாம்:

(அ) விண்ணூர்தியின் அதிகபட்சப் பறக்கும் செயல்திறன்.

(ஆ) விண்ணூர்தி வடிவமைப்பின்போது ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட அடிப்படைக் கோட்பாடுகளையும், அனுமானங்களையும் சரிபார்த்தல்.

(இ) விண்ணூர்தி வடிவமைப்பில் முழுமையாக அறிந்து கொள்ளப்படாத செயற்கோட்பாடுகளை வரையறுத்தல்.

(ஈ) ஒரு குறிப்பிட்ட பறத்தலுக்குரிய மண்டலத்தினுள் விண்ணூர்திப் பறத்தலுக்குத் தொடர்பான பத்திரத் தன்மையையும், செயல்திறனையும் செயல்விளக்கிக் காட்டுதல்.

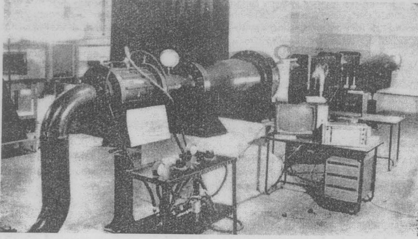
(உ) குறிப்பிட்ட செயல்திறன் நெறிமுறைகளோடு ஒத்தியைந்த விண்ணூர்தியின் திறத்தை நிரூபித்தல்.

முதலில் விண்ணூர்தியின் வடிவமைப்பு, கட்டுப்பாடு, வளர்ச்சி மற்றும் பரிசோதனைகள் ஆய்வுக்கூட நிலையில் நடைபெறும். பின்னர் அவை விண்ணூர்தி ஆக்கக் கூறுகளாகவும், உள்உறுப்புகளாகவும் வடிவாக்கப்படும். அவற்றின் தரம், இறுதிப் பயன்பாட்டிற்கு ஏற்பப் பரிசோதனைச் சாலைகளில் ஆராயப்படும். முழு விண்ணூர்திச் சோதனை வானவெளிப் பறத்தலுக்குரிய களத்தில் நிரூபிக்கப்படுகிறது.

ஆய்வுக்கூடச் சோதனைகள்

விண்ணூர்தியின் வடிவமைப்பில் கையாளப்பட்ட செயல்திறன் கோட்பாடுகள் முழுமையாகச் சோதித்துப் பார்க்க இத்தகைய ஆய்வுக்கூட சோதனை முறை அவசியம் ஆகிறது. இதற்கென விண்ணூர்தியின் இயந்திரச் சிறு பாகங்கள், மின் கருவிகள் ஆகியவையும் அவற்றுக்குரிய இணைப்பு களுடன் பரிசோதனைக்கு உட்படுத்தப்படும்.

ஏனெனில் தனித்தனியாகப் பரிசோதிக்கப்படும்போது நிறைவாகச் செயல்படும் விண்கலனின் கருவியோ, உபகரணமோ விண்வெளியில் பறக்கும் போது எழும் அதிர்வுகள், வெப்பநிலை வெற்றிடம் போன்ற பல்வேறு சூழலில் செயல் இழக்கவும் கூடும். அதனால் இத்தகைய சோதனைகள் மிகக் கவனமுடனும், கட்டுப்பாட்டுடனும் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும். இச் சோதனையில் பெறப்படும் முடிவுகள் விண்ணூர்தியின் வடிவமைப்பை மேம்படுத்த உதவும்.



படம் 10.1 : காற்றுச் சுரங்கப் பரிசோதனைக் கூடம்

1. காற்றுச் சுரங்கப் பரிசோதனை (Wind Tunnel Testing)

ஏவுகலனின் மாதிரி வடிவத்தை நிறுத்திப் பிணைத்து வைத்து வேகமாக இயங்கும் காற்றுச் சூழலில் பரிசோதிக்கும் நுட்பம் இது. (படம் 10 : 1) ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டபடி, விண்ணூர்தி வானில் உயர்ந்து பறக்கும் தறுவாயில் ஏற்படும் காற்று உராய்வுப் புறச்சூழல், அதிர்வுகள், ஒலி அளவுகள் போன்ற தன்மைகள் அளந்து அறியப்பட வேண்டும். வானூர்தி பறக்கும் போது அதன் வல்லுறுப்புகளுக்கு எவ்விதச் சேதமும் ஏற்படாமல் பாதுகாக்க வேண்டும். அதன் பயணம் நிலைதடுமாறாமல், தேவையான கட்டுப்பாடுகளுடன் இயங்குவதை உறுதிப்படுத்துவதில் இந்தச் சோதனை மிக முக்கியமானதாகும். ஏவுகலன் இயக்கத்தின்போது காற்றுவெளி ஊட்டும் பாதிப்புகளும் பதிவு செய்யப்பட வேண்டும்.

இதற்கென வெவ்வேறு காற்று வீச்சுச் சூழ்நிலையில் விண்ணூர்தி உட்கூறின் முழுவடிவமோ, அதன் மாதிரிப் படிவமோ ஆய்வுக்கு உட்படுத்தப்படும். ஏவூர்தி வானில் உயர்ந்து எழும்போதும், திசை திரும்பும் போதும் விண்ணூர்தியின் மீது வெளிக்காற்று சாய்வாகவும் நேரடியாகவும் வந்துமோதும். காற்று வீசும் வேகத்திற்கு ஏற்ப விண்ணூர்தியின் இயக்க வேகத்தையும் மட்டுப்படுத்த நேரும். இத்துணைத் தேவைகளையும் சரிவரப் புரிந்துகொள்வதற்கு இக்காற்றுச் சுரங்கப் பரிசோதனை உதவும்.

விண்ணூர்தி வேகத்தை 'மாக் எண்' **(Mach Number)** என்னும் அளவீட்டால் குறிப்பர். காற்று ஊடகத்தில் இயங்கும் விண்ணூர்தியின் வேகம், காற்றில் ஒலி பரவும் வேகத்தைப் போல் எத்தனை மடங்கோ, அதுவே அந்த விண்ணூர்தியின் மாக் எண் என்க. (சாதாரணக் காற்றழுத்தத்தில் ஒலிவேகம் நொடிக்கு ஏறத்தாழ 300 மீட்டர் அளவாகும்.) இவ்விதம் விண்ணூர்தி அல்லது ஏவூர்தி வேகத்தினை காற்றில் ஒலி வேகத்தோடு ஒப்பிட்டு நான்கு பிரிவுகளாகப் பகுத்துள்ளனர்.

(அ) குறையொலி **(subsonic)** வேகம்: மாக் எண் சுழியிலிருந்து 0.95 வரை அமையும். இதன் பொருளாவது, காற்றில் ஒலி பரவும் வேகத்தில் 95 சதவீத வேகமே விண்ணூர்தி வேகம் ஆகும்.

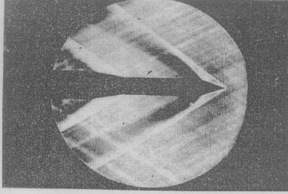
(ஆ) இடையொலி **(transonic)** வேகம்: மாக் எண் 0.95–1.3 என்பதைக் குறிக்கும். காற்றில் ஒலிவேகத்தினை விடச் சற்றுக் குறைந்த அல்லது சற்றே உயர்ந்த அளவு வேகம் இது.

(இ) மிகையொலி **(supersonic)** வேகம்: மாக் எண் 1.3–5.0 என்பதில் அதிக பட்சம் நொடிக்கு ஏறத்தாழ ஒன்றரை கிலோமீட்டர் வேகம். இதைத் தான் ஆங்கிலத்தில் 'சூப்பர்சானிக்' என்றும் மிகைப் படுத்துவர்.

(ஈ) அதிமிகையொலி **(hypersonic)** வேகம்: மாக் எண் 5-க்கும் கூடுதலாகப் பறக்கும் ஏவூர்திகளின் வேக அளவு நொடிக்கு 11.2 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் சீறிப் பாய்ந்தால் மட்டுமே இந்தப் புவிமண்டல ஈர்ப்பு விசைகளிலிருந்து விடுபட்டு அண்டவெளிக்குள் பயணமாக முடியும். இதனை 'புவி விடுபடு விரைவு' **(escape velocity)** என்று குறிப்பிடுகிறோம்

காற்றுச் சுரங்கப் பரிசோதனைக்கூடம் என்பது நீண்ட பெரும் குழாய் அரங்கு போல் அமைந்திருக்கும். அதன் இரண்டு புற வாயில்களும் அடைக்கப்பட்டு இருக்கும். தலைவாயில் அருகே சிறு துளைகள் கொண்ட சல்லடைச் சுவர் வழியாக அதிவேகத்தில் காற்று உட்செலுத்தப்படும். சுரங்கத்தின் மறுவாயில் வழியாக காற்று உறிஞ்சி வெளித் தள்ளப்படும். காற்று பாயும் பாதையின் நடுவே நிலையானதொரு பீடத்தில் விண்ணூர்தியின் மாதிரிப் படிவம் பிணைத்துப் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும்.

ஏவூர்தி வானில் பறந்து செல்லும்போது காற்றில் உராய்கிறது. ஆனால் இப்பரிசோதனையில் ஏவூர்தி(ப் படிவத்தின்) மீது காற்று மோத வைக்கப் படுகிறது. காற்று அதன்மீது மோதும்போது வெப்ப உராய்வுப் படலங்கள் உருவாகும். ஆனால் அவை வெறுங்கண்ணுக்குப் புலப்படாது. அவற்றை விசேட ஒளியியல் கருவிகள் உதவியுடன் மட்டுமே பதிவாக்க முடியும்.



படம் 10.2 : 'சிலியரென் நிழற்படம்'

விண்ணூர்திப் படிவத்தில் காற்று மோதுவதால் எழும் இந்த வெப்ப அதிர்வு அலைகளே 'சிலியரென் நிழற்படங்கள், **(Schlieren photographs)** எனப் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. (படம் 10 : 2).

காற்றைப் பிளந்து வானில் சீறிப் பாயும் ஏவூர்தியோ, வானூர்தியோ காற்று அழுத்த மண்டலத்தினால் பின்னுக்கு இழுக்கப்படுவது இயல்பாகும். காற்று மண்டலம் ஊட்டும் இந்த இழுப்பு விசையை **(drag)**, இப்பரிசோதனை வழி அளந்து அறியலாம். அதன் அளவுக்கேற்ப விண்ணூர்தி வடிவமைக்கப் பெறும். விண்கலனின் இறக்கை, முன்தள்ளி **(propeller)**, வால்புறத் தகடுகள் **(ailerons)**, பக்கவாட்டில் செதிள்கள் இவற்றின் நீள அகலப் பரிமாணங்களும், புறப்பரப்பின் காற்று வழுக்கிச் செல்லும் சுமுகத் தன்மையும் ஆகிய இவை யாவுமே இக்காற்றுச் சுரங்கப் பரிசோதனையின்போது ஆராயப்படும்.

2. பாவனைச் சோதனை (Simulation Testing)

விண்ணூர்தி மாதிரிப் படிவங்களை மேம்படுத்திப் பயன்படுத்தும் முன்னதாக அவற்றை பறத்தலுக்கான சூழல் ஒத்த இயங்கியல் நிலைக்கு உட்படுத்திப் பரிசோதித்திட வேண்டும். மனிதர்–இயந்திரம் ஆகியவற்றுக்கான தொடர்புகள் ஆராயப்பட வேண்டும். அத்துடன் விண்ணூர்தியின் வல்லுறுப்புச் சோதனையும் **(hardware testing)**, கணிப்பொறிகளின் உதவியினாலோ, கணிப்பொறிகள் இல்லாமலேயோ மேற்கொள்ளப்படும். இதற்குக் கணிப்பீட்டியல் பகுப்பாய்வு **(computational analysis)** முறை உதவும்.

மிகச் சிக்கலான இயங்குமுறைகளை மிகக் குறுகிய வரைமுறைகளுக்குள் சரிபார்க்கும் மிக நுட்பமான முறை இந்தப் பாவனைச் சோதனை நுட்பமாகும். இதில் விண்ணூர்தி வடிவமைப்பில் கையாளப்படும் உலோகங்கள், விசேடப் பொருள்களின் தரம் மற்றும் இதர செயல்பண்புகளும் நிலைநாட்டப்படும்.

3. ஒருங்கூட்டுச் சோதனை (Integrating Testing)

ஏவுகலனின் அல்லது விண்கலனின் இயக்க உட்கூறுகள் அனைத்தும் அதனதன் இடத்தில் பொருத்தப்பட்டு ஒன்றோடொன்று குறுக்கீடு இன்றித் தடைபடாமல் செயற்படுவதை உறுதிப்படுத்த, இந்த ஒருங்கூட்டுச் சோதனை தேவை. இதில் குறிப்பாக, கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகள் **(control systems)** மற்றும் பயண மின்னியல் **(avionics)** ஒருங்குகள் ஆகிய இரண்டும் முக்கியமானவை.

(அ) கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகளில் இயக்கமுறை ஒருங்குகளை **(operational systems)** ஒருங்கிணைத்து ஒருங்கு உட்கூறுகளும் **(system elements)**, ஒருங்கு உட்கூறுகளை ஒருங்கிணைத்துத் துணை ஒருங்குகளும் **(sub-systems)**, துணை அமைப்புகளை ஒருங்கூட்டி வானூர்தி உட்கூறுகளும் **(components)** உருவாக்கப்படுகின்றன.

இத்தகைய ஒருங்கிணைப்புகளின் செயல்தரம், இயக்கத் திறன் **(operational capability)** நிறுவப்பட வேண்டும். இதன்வழி ஒட்டுமொத்த ஒருங்குகளின் ஒத்தியைபுத் திட்பம் **(compatibility)**, இயக்கிடு தன்மை **(operability)**, பராமரிப்பு **(maintenance)**, பாதுகாப்பு **(safety)**, நம்பகத் தன்மை **(reliability)**, மிகுபயன் செயல்திறன் **(optimum performance)** ஆகிய பண்புகள் மதிப்பிடப்படுகின்றன. ஒருங்கூட்டு சோதனையினால் ஒவ்வோர் உட்கூறுகளும், ஒருங்குகளும் ஒன்றோடொன்று பொருத்தப்படும்போது எழும் இடைச்சிக்கல்கள் எல்லாம் விரிவாக ஆராயப்பெறும்.

(ஆ) பயண மின்னியல் சோதனையில் ரேடார் கருவிகள், மின்காந்த அலைதிரட்டிகள், அலைவாங்கிகள் ஆகியன பரிசோதனைக்கு உள்ளாகின்றன. விண்ணூர்தியின் பயணத்தடத்தை அளந்தறியவும் **(tracking)**, அது அனுப்பும் தொலைத் தகவல்களை ஏற்று வாங்கவும் **(telemetry)**, புவிக் கட்டுப்பாட்டுக் கூடத்தில் இருந்து கட்டளை பிறப்பிக்கவுமான **(telecommand)** செயற்பாடுகளுக்கு இப்பயண மின்னியல் ஒருங்கூட்டுச் சோதனை மிக அவசியம்.

4. இயங்கியல் ஆய்வுக்கூடப் பரிசோதனைகள்

பொதுவாக, விண்வெளிப் பாதையில் சுற்றிவிட்டுப் புவி திரும்பும் விண்வெளி ஓடங்கள் விமானம் போலத் தரை இறங்கும் எனக்குறிப்பிடப்பட்டது. ஆபத்துக் கால அவசரத் தேவை ஏற்படும்போது, விண்வெளி வீரர்கள் உயிர்க்காப்பு நடவடிக்கையின் ஒரு பகுதியாக உடனடியாகச் சாளரம் வழியே தப்பிக்க வேண்டிய நிலை உள்ளது. அதற்காக விண்ணூர்தியில் பல்வகை இயந்திர மின்னணுவியல் நுட்பங்கள் வேண்டப்படுவன. அவற்றின் ஒட்டு மொத்த அமைப்பு முறையும் சோதித்துப் பார்க்கப்பட வேண்டும். குறிப்பாக இச் சோதனை, விமானங்களுக்கு உகந்தவை; விபத்துக் காலத்தில் விமானிகள் அல்லது பயணிகள் வானூர்தியில் இருந்து பாதுகாப்பாக வெளியேற்றப்பட இச்சோதனை நுட்பம் உதவும்.

அவ்வாறே விண்ணூர்தி வெவ்வேறு உயரங்களில் பறந்து செல்லும் போது உந்துப்பொறியினுள் செலுத்தப்படும் எரிபொருள் அளவினைத் தேவைக் கேற்பக் குறைக்கவும், கூட்டவும் இயல வேண்டும். அதுபோது ஏற்படும் அதிர்வுகள் மட்டுமன்றி பொறிகலன் குளிர்விப்பு, அதன் செயல்திறன் ஆகியவற்றையும் இயங்கியல் முறையில் சோதித்துப் பார்க்கவேண்டும்.

அன்றியும், முழு வானூர்தியையுமே அதிர்வு ஆய்வுச் சோதனைக்கு உட்படுத்த நேரும். மின்காந்த அதிர்வூட்டிகள் **(electro-magnetic exciters)** எழுப்பும் மிக உச்ச அதிர்வு அலைகளால் வானூர்தியில் ஏற்படும் பாதிப்புகள் காந்த நாடாக்களில் **(mag-tapes)** பதிவு செய்யப்படும். அந்த முடிவுகளை மின்னலைவு காட்டியின் **(oscillocope)** ஒளித்திரையில் நேரடியாகவும் காணலாம்.

5. நிலைப் பளுவேற்று சோதனை (Static Loading Testing)

ஏவூர்தி வானில் உயர்ந்து எழும்போதும், பறக்கும்போதும் காற்றழுத்தம், புவியீர்ப்பு அழுத்தம், வேக வளர்ச்சியூட்டும் விசை அழுத்தம் போன்ற பலவித புற அழுத்தங்களைத் தாங்கிக் கொள்ளுமாறு வடிவமைத்திட வேண்டியுள்ளது. அதனைப் பரிசோதித்திட வானூர்தியின் உள்கூட்டுச் சட்டத்தினை மட்டும் ஓர் உறுதியான பீடத்தில் பொருத்தி அதன்மேல் தேவையான அளவிகளில் வெற்றுப் பளுக்களை ஏற்றிப் பரிசோதிப்பதும் உண்டு.

அத்தகைய நிலைப்பளு அழுத்தம் காரணமாக அச்சட்டம் உள்ஏற்கும் தகைவு **(strain)**, வளைவு **(bending)**, நெளிவு **(deflection)**, முறிவு **(fracture)**,

வெடிப்பு (**crack**) போன்ற பல பண்புகள் இதன்வழி துல்லியமாக அறியப்படும். மேலும் அழுத்தப் பளுக்களை மீண்டும் மீண்டும் ஏற்றி இறக்கும் சோதனை யால் அந்த வானூர்திச் சட்ட அமைப்பின் (**air-frame**) பளு ஏற்புத் திறன் (**endurance**) மற்றும் தளர்வு ஆயுள் (**fatigue life**) ஆகிய பண்புகளும் மதிப்பிடப் படுகின்றன.

6. சுற்றுச்சூழல் சோதனை (Environmental Test)

விண்ணூர்தி காற்றுவெளியிலும், விண்வெளியிலும் பறக்கும்போது பல்வேறு புறச் சூழல்களின் பாதிப்புக்கு உள்ளாகிறது. காற்றுவெளியில் வெப்பநிலை, ஈரப்பதம், இதர வளிமங்கள் போன்ற பல்வேறு சூழ்நிலைகள் விண்ணூர்தியைப் பாதிக்கக்கூடும். அவ்வாறே, விண்வெளியிலும் வெற்றிடம், அதிகுளிர்நிலை ஆகிய சூழல்கள் விண்ணூர்தியில் தாக்கங்களை ஏற்படுத்தும். அதுமட்டுமன்றி, விண்ணூர்தியின் அதிர்வுகளும் அதன் பயணத்தில் பாதிப்புகளை ஏற்படுத்தும்.

எத்தகைய சூழ்நிலையிலும் விண்ணூர்தியின் இயக்கம் சீராக இருப்பதை உறுதிசெய்ய வேண்டியது அவசியம் ஆகிறது. இதற்கெனச் சுற்றுச் சூழல் சோதனை அரங்கம் (**Environmental Test Chamber**) பயன்படுத்தப்படும். இது சாதாரணக் குளிர்பதனப் பெட்டி முதல் பெரிய வெப்ப உலை வரை பல்வேறு அளவுகளிலான வடிவமைப்பு உடையது. இதில் இடம்பெறும் வெப்ப, ஈரப்பத அறை (**Thermal & Humidity Chamber**)யில் இங்கு ஒரு ஏவுகலன் உறுப்பையோ, முழு ஏவூர்தியையோ, செயற்கைக்கோளையோ வைத்து அண்டவெளியின் மிகத் தாழ்ந்த குளிர்நிலை முதல் காற்றியங்கியல் வெப்பநிலை வரை பரிசோதிக்கலாம்.

இத்தகைய பரிசோதனைகள் நடத்தப்படுவதற்கு முன்னரும், பின்னரும் அந்த ஏவுகலன் உறுப்புகளின் முக்கியப் பண்புகளில் ஏதேனும் தீங்கான மாற்றம் தென்படுகிறதா என்பது அலசி ஆராயப்படும்.

தடம் அறிதல் (**tracking**), தொலைவளப்பு (**telemetry**), தொலைக்கட்டளை (**telecommad**) ஆகியவற்றுக்கு உரிய ரேடார்களும், மின்காந்த அலைதிரட்டிகள், அலைவாங்கிகள் போன்ற பயண மின்னியல் உபகரணங்களில் சிலவும், வானவெளியின் மின்காந்தச் சூழலிலும் தடையின்றி முறையாகச் செயற்படுவது உறுதிசெய்யப்பட வேண்டும். அதற்கென மின்காந்தக் குறுக்கீடு அளவீட்டுக் கருவிகள் (**electro-magnetic interferometers**) இச்சோதனையில் இடம் பெறுகின்றன.

இங்கு மின்காந்த அலைக் குறுக்கீடு அரங்கில் **(Electro Magnetic Interference Chamber)** விண்கலனின் மின்னியல் உபகரணங்கள் பரிசோதிக்கப்படும்.

விண்வெளியில் புவிசுற்றித் திரும்பும் விண்கூடுகள் **(space capsules)** விண்கலனில் இருந்து பிரிந்து காற்று மண்டலம் வழியாகத் தரையிலோ, கடலிலோ, ஏதேனும் சதுப்பு நிலத்திலோ வந்து தரை இறங்கும். விண்கூட்டில் விண்வெளி வீரர்கள் இடம்பெறலாம்; அல்லது வெறும் ஆய்வு உபகரணங்கள் மட்டுமே இடம்பெறலாம். அப்போது விண்கூடு மற்றும் அதன் உபகரணங்கள் ஏதாயினும் செயல்திறன் குன்றாமல் இருப்பதைச் சோதித்திருக்க வேண்டும். இதற்கான அனைத்துத் தகுதிகளும் இந்தச் சுற்றுச் சூழல் சோதனையில் இடம்பெறும்.

7. தகுதித்தர உறுதிப்பாட்டுச் சோதனை (Verification of Qualification)

அவ்வாறே, பல்வேறு வெப்பநிலை, ஈரப்பதம், அதிர்வுச் சூழல்களில் ஏவூர்தியின் திண்ம எரிபொருள் அமைப்புகள் செயல்படுவதை உறுதி செய்ய வேண்டும். இதற்குரிய விசேட நிலைப் பரிசோதனையைத் 'தகுதித்தர உறுதிப்பாட்டுச் சோதனை' என்கிறோம். இதில் 'வெப்ப, ஈரப்பத அறை' (Thermal and Humidity Chamber) மற்றும் அதிர்வு ஆய்வு மேடை **(vibration table)** ஆகியவை முக்கிய இடம் வகிக்கின்றன.

ஏவூர்தி அமைப்புகளை இந்த 'வெப்ப, ஈரப்பத அறை'யில் வைத்து அவற்றைப் பல்வேறு வெப்ப, ஈரப்பத அளவுகளுக்கு உட்படுத்தி ஆராயலாம்.

அவ்வாறே, அதிர்வு ஆய்வுமேடை என்பது ஏவூர்தி அல்லது விண்ணூர்தி யின் கருவி உட்கூறுகளை சல்லடையில் சலிப்பது போன்று தேவைக்கு ஏற்றவாறு முன்பின்னாகவோ, பக்கவாட்டிலோ, முறத்தில் புடைப்பது போன்று மேல் கீழாகவோ அதிரச் செய்ய உதவும் அமைப்பு ஆகும். இச்சோதனையில் அவற்றுக்கு வெவ்வேறு அதிர்வு நிலைகள் ஊட்டப்பெறும்.

இத்தகைய வெப்பநிலை, ஈரப்பத, அதிர்வுப் பரிசோதனைகளுக்குப் பிறகு வேறு சில சோதனைமுறைகளும் நடத்தப்பெறும். முதலில் அந்த உட்கூறுகளின் வெளித்தோற்றத்தில் பார்வைக்கு ஏதேனும் விபரீத மாறுபாடுகள் ஏற்பட்டு உள்ளனவா என்று ஆராயப்படும். இதனைக் கட்புலக் கூர்ந்தாய்வு **(visual observation)** என்கிறோம்.

அடுத்தபடி, அந்த உபகரண உட்கூறுகளின் உள்ளகத்தில் வெடிப்பு, கீறல் அல்லது வேறு ஏதேனும் கண்ணுக்குத் தெரியாத மாற்றங்கள் நிகழ்ந்து

இருக்கலாம் அல்லவா? இதற்கெனப் பொருள் அழியாப் பரிசோதனை (**Non-Destructive Testing**) என்ற வகையில் எக்ஸ்-கதிர்வீச்சு மற்றும் புறவொலி அலைகள் பாய்ச்சியும் உட்கூறுகளின் உள்ளகமும் நுணுகி ஆராயப்படும்.

பெரும்பாலும் ஏவூர்தியின் திண்ம உந்து எரிபொருள்கள் (**Solid propellents**), எரியூட்டிகள் (**igniters**) போன்றவற்றில் இருந்து சில மாதிரிகள் இத்தகைய சுற்றுச்சூழல் சோதனைக்குப் பிறகு நிலைப் பரிசோதனைக்கு (**static testing**) உட்படுத்தப்படும். இதன்வழி பறப்பதற்குத் தேர்வு செய்யப்பட்ட முழு ஏவூர்தி அமைப்புகளின் நம்பகத் தன்மையும், தரமும், தகுதியும் மீண்டும் உறுதிப்படுத்தப்படும்.

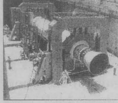
8. கட்டமைப்புச் சோதனை (structural test)

விண்ணூர்தி பறக்கும்போது, அதன் முகப்பு நுனிக்கூம்பு (**nose-cone**), விண்ணூர்தி உடம்பில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இணைஉந்துவிகள் (**strap-on motors**), வால்புறத் தகடுகள் போன்ற உறுப்புகள் பல்வேறு அதிர்வுக்கும் வெவ்வேறு அழுத்த நிலைக்கும் உள்ளாகும். அதற்கென விண்கல உறுப்புகளின் காற்றியங்கியல் பளுதாங்கு திறன் முன்கூட்டியே சோதித்துக் கணிக்கப்படும். இதனையே கட்டமைப்புச் சோதனை (**structural test**) என்பர்.

செங்குத்தாக நின்றபடியே உயரக் கிளம்பி ஒரு குறித்த இடத்தில் விமானம் மாதிரி வந்து தரை இறங்கும் (**Vertical Take off and Landing-VTOL**) விண்கலன்களும், விமானம் போலக் கிடைமட்டத்தில் பறந்து உயர்ந்து எழுந்து புவி சுற்றி வந்து தரை இறங்கும் (**Horizontal Take-off and Landing-HOTOL**) விண்ணூர்திகளும் எதிர்காலத்தில் வடிவமைக்கப்படக் கூடும். பலவிதத் திறன் கொண்ட விமானங்கள், ஆய்வு நோக்கு விண்ணூர்திகள் போன்றவை உருவாகும் நிலையில் அவற்றின் வடிவமைப்பினை உறுதிப்படுத்துவதில் இவ்விதக் கட்டமைப்புச் சோதனை முக்கியம் இடம்பெறுகிறது.

9. செயல்திறன் சோதனை

ஒரு குறித்த ஏவூர்தி வடிவமைக்கப்பட்டு உருவானதும் அதன் செயல் திறன் பரிசோதனையில் குறிப்பாக, 'நிலைப் பரிசோதனை' முக்கியமானதாகும். (படம் 10 : 3)



படம் 10.3: நிலைப்பரிசோதனைக்கெனத் தயாராகப் பிணைக்கப்பட்டுள்ள ஏவூர்தி

அன்றியும், விண்ணில் மெல்ல உயர்ந்து எழும்பி, தரை இறங்கும் விண் வெளி ஓடத்தின் பண்புகள் பரிசோதிக்கப்படும். வானூர்தி வேகத்திற்கேற்ப வெவ்வேறு உயரங்களில் காற்று இழுப்பு விசையினைத் தாக்குப்பிடிக்கும் வானூர்தித் திறனும் ஆராயப்படும். அதன் உயர்ந்தெழும் வேகமும், விரைவும் சார்ந்து, அது எவ்வளவு அதிவிரைவாக வானில் உயர்ந்து கிளம்பும் என்பதும், அந்தக் கட்டங்களில் ஏவூர்தியின் செயல்திறன் குறிப்பிடும்படி உள்ளதா என்பதும் லாம் ஆராய்ந்திட இந்தச் சோதனை உதவும். ஏவூர்திப் பொறித் திறன், அதன் பராமரிப்பு, ஆயுள்காலம் குறித்து வாடிக்கையாளர் வரைமுறைக்கேற்ப உத்தரவாதம் வழங்கிட இவ்விதச் செயல்திறன் பரிசோதனை மிகவும் இன்றியமையாததாகும்.

10. பயண மின்னியல் சோதனை (avionics testing)

விண்ணூர்தி பறப்பதற்குத் தேவையான மின்னியல் மற்றும் மின்னணு வியல் சார்ந்த கருவிகளுக்கான சோதனை இது. பயணவியல் **(Aviation)**, மின்னணுவியல் **(electronics)** ஆகிய இரு துறைகளின் கூட்டாக இதனைப் 'பயண மின்னியல்' என்று வழங்குகிறோம்.

இதில் நுண் மின்னணுவியல் **(micro electronics)**, மின்னிலக்கக் கணிப் பொறிகள் **(digital computers)**, ஒளி இழை இணைப்புகள் **(optical fibring)** போன்ற பல நவீன நுட்பங்கள் சிறந்த பங்களிக்கின்றன. பயண மின்னியல் உபகரணங்கள் மிக இலகுவான எடையில் வடிவமைக்கப்படும். விண்ணூர்தி யின் இந்த எடை இலாபத்திற்கு ஈடான கூடுதல் எடைப் பயன் சுமைகளை விண்கலனில் வைத்துச் செலுத்தலாம்.

இந்த உபகரணங்கள் பரிசோதனைக் கூடங்களில் ஆய்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்டிருந்தாலும் ஏவூர்தி பறக்கும்போதும் சோதனை செய்யப்பட வேண்டுவது இன்றியமையாததாகும். ஏனெனில் விண்ணூர்திப் பயணத்தின்போது அந்த மின்னணுக் கருவிகள் குறைபாடின்றிச் செயற்படுவதை உறுதிப்படுத்த இத்தகைய சோதனைகள் அவசியம்.

11. மேம்பாட்டுச் சோதனை (development testing)

புதிய விண்ணூர்தி ஒன்றைக் கட்டமைத்த பின்னர் அதனைச் செம்மைப் படுத்தத் தேவைப்படும் சோதனையே 'மேம்பாட்டுச் சோதனை ஆகும்.' இது உண்மையில் அந்த புது ஏவூர்தியின் வெள்ளோட்டப் பறக்கும் சோதனை ஆகும். விண்ணில் அதனைச் செலுத்திப் பார்த்து, அதன் கட்டுப்பாட்டு இயந்திரங்கள், புவி நிலையத்துடன் கொண்ட தொலைத்தகவல் தொடர்புக் கருவிகள் எல்லாம் உரியவாறு செயற்படுவதை உறுதிப்படுத்த இச்சோதனை உதவும்.

தொடர்ந்து, விண்ணூர்தி ஆகாயத்தில் கிளம்பிய பின்னரும் அதன் நிலைகுலையாத் தன்மை, சுற்றுச்சூழல் மாற்றங்களுக்கு ஏற்ப அனுசரித்து இயங்கும் திறம், பத்திரத் தன்மை ஆகியனவும் சரிபார்க்கப்படும்.

மேலும் ஏவூர்தி நிமிர்ந்த நிலையில் உயர்ந்தெழும்போது அதன் முகப்பிலுள்ள நுனிக்கூம்பு தேவைக்கேற்ப முன்பின் சாய்ந்த நிலையில் இயங்கும். இதனை முன்பின் சாய்வு **(pitch)** இயக்கம் என்பர். அவ்வாறே ஏவூர்தி இட, வலமாகத் திரும்புவதைப் பக்கவாட்டில் சரிதல் **(yaw)** என்று குறிப்பிடுவர். இத்தகைய திசை திருப்ப இயக்கமுறை **(manoeuvring)** எல்லாம் மேம்பாட்டுச் சோதனையின்போது ஆராயப்படும்.

அன்றியும் வானில் வெவ்வேறு 'மாக் எண்' வேகங்களில் பறக்கும் விண்ணூர்தியின் வடிவமைப்பில் தற்காலிக உருமாற்றங்கள் எழ வாய்ப்பு உண்டு. ஏதாயினும் அத்தகைய மாற்றங்கள் மிகச் சிறிய அளவிலேயே அமையும். தவிரவும், அது மீண்டும் தரையிறங்கிய பின் விண்ணூர்தி தனது பழைய நிலைக்குத் திரும்ப வேண்டும். விண்ணூர்தியின் இந்த நெகிழ்நிலைத் தன்மையையே காற்றிடை மீள்நிலைத் தன்மை **(aeroelastic stability)** என்கிறோம். இதனை நிரூபிக்க 'மேம்பாட்டுச் சோதனை' உதவும்.

12. இயக்கமுறைச் சோதனை (operational testing)

எந்தவொரு விண்ணூர்தியும் வடிவமைக்கப்பட்டதனையடுத்து, நிலைப்பரிசோதனை செய்யப்படும். அதன்பின் மேம்பாட்டு முறையில் பறக்கும் பரிசோதனை நடத்தப் பெறும். தொடர்ந்து, இயக்கமுறைச் சோதனை குறிப்பிடத்தக்கது.

நம் நாட்டிலும் பலவிதச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன்கள் வடிவமைக்கப் பட்டு, ஆரம்பத்தில் சோதனைப் பறத்தல்கள் **(experimental flights)** அல்லது மேம்பாட்டு பறத்தல்கள் **(developmental flights)** நடைபெற்றன. இன்று பிற

நாட்டுச் செயற்கைக்கோள்களைச் சுமந்து செல்லும் இயக்குமுறைப் பறத்தல்கள் **(operational flights)** அல்லது வணிகமுறைப் பறத்தல்கள் **(Commercial Flights)** மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

இந்த வர்த்தகப் பறத்தல்கள் தொடர்பான சோதனைக் கட்டத்தில் ஏவுகலனின் வாடிக்கையாளரும் பங்குபெற வேண்டும். விண்ணூர்தி முழு உபகரணங்களுடன் திட்டக் குறிக்கோள் நோக்கி எந்த அளவுக்குச் செம்மையாகச் செயலாற்றுகிறது என்பதை அவர்கள் முன்னிலையில் நிரூபிக்கும் சோதனை இது.

விண்ணூர்தியின் நம்பகத் தன்மை, அபாரச் செயல்நுட்பம், துல்லியத் தன்மை, பராமரிப்புக் கால இடைவெளி ஆகியவற்றை உறுதிப்படுத்துவதுடன், விசேட உறுதுணை உபகரணங்களை மதிப்பீடு செய்யவும் இது உதவும்.

11

பயண நெறிப்பாடும் கட்டுப்பாடும்

விண்வெளிப் பயணத்தில் ஏவூர்தி தனக்கென வரையறுத்த பாதையில் இயங்க வேண்டும் அல்லவா? அதற்குரிய கணினி ஆணைகளைக் குறிப்பதே பயண 'நெறிப்பாடு'(Guidance). இதற்கென மின்காந்த அலைகள், ரேடார் **(Radar)**, ஒளிக் கருவிகள், நிலைச்சுற்றிகள் **(Gyroscopes)** முதலிய உபகரணங்கள் பயன்படுத்தப்படும்.

'கட்டுப்பாடு' **(Control)** என்பது ஏவுகணை தடம் பிறழாமல் செல்ல உதவும் கட்டுப்பாட்டு வழிமுறைகளைக் குறிப்பதாகும். இதற்கென ஏவூர்தியின் பின்பகுதியில் அசைச் செதிள்கள் **(Movable Fins)**, சிறகுகள் **(Wings)**, புகைத் தாரைத் திசைதிருப்பிகள், துணை ஏவூர்திப்பொறிகள் **(auxilliary rockets)** போன்ற உறுப்புகள் பயன்படுத்தப்படும்.

நெறிப்பாடும், கட்டுப்பாடும் ஒன்றல்ல. நெறிப்பாடு என்பது ஏவூர்தியின் மூளையாகிய கணினிக்கு உணர்வுத் தகவல்கள் வருவதைப் போன்றது. கட்டுப்பாடு என்பது வந்த தகவல்களுக்கு ஏற்ப கணினி வழி கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகளை இயக்குவதாகும். நெறிப்படுத்திகள் ஊட்டும் ஆணைகளுக்கேற்ப ஏவுகணைப் பயணத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் செயல் பாடே பயணக் கட்டுப்பாடு ஆகும். ஆக்கபூர்வ ஏவூர்திகள் ஆனாலும், அழிவுக்கான ஏவுகணைகள் ஆனாலும் கட்டுப்படுத்திகள் செயற்படக் குறிப்புகள் அனுப்புவதே நெறிப்பாட்டு அமைப்பின் பணியாகும். இந்த நெறிப்பாட்டு அமைப்பினைக் குறிப்பாக நான்கு வகைப்படுத்தலாம்.

1. கற்றைச் சவாரி (Beam – rider)
2. கட்டளை நெறிப்பாடு (Command Guidance)
3. அக நெறிப்பாடு (Internal Guidance)
4. குறியுணர்தல் (Homing or target-seeking)

1. கற்றைச் சவாரி நெறிப்பாடு

பயிற்சி பெற்ற மின்காந்த அலைகள் - குறிப்பாக 'ரேடார்' கதிர்வீச்சு, அடைய வேண்டிய இலக்குகளைச் சுட்டிக் காட்டிவிடும் ஆற்றல் மிக்கவை. இக்கதிர்க்கற்றை இட்டுச் செல்லும் வழியில், அதன்மேல் 'சவாரி' செய்து, இலக்கு **(Target)** நோக்கிச் சென்று விடலாம். இத்தகைய பாதுகாப்புத் துறைசார்ந்த ஏவுகணைகளுள் சில 'கற்றைச் சவாரி' நெறிப்பாட்டு அமைப்பில் இயங்குபவையாகும்.

'டெர்ரியர்' **(Terrier)**, 'டாலோஸ்' **(Talos)** விமானப்படை ஏவுகணை களான, 'மேட்டடோர்' **(Matador)**, 'ஃபால்கன்' **(Falcon)**, அமெரிக்க இராணுவத்தின் 'ஹாக்' **(Hawk)** ஆகியன இவ்வகையுட்படும்.

2. கட்டளை நெறிப்பாடு

கப்பல்கள், காற்றூர்திகளைப் போலவே, விண்கலன்களும், ஏவுகணை களும், மின்காந்த அலைக் குறியீடுகள் மூலம் குறிப்பிட்ட தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களுடன் **(Ground Stations)** தகவல் பரிமாற்றத் தொடர்பு கொண்டிருப்பன. இந்த நிலையங்கள் கதிரலை வீசும் 'கலங்கரை விளக்கங்கள்' **(Radio Beacons)** ஆக ஏவுகணைக்கு வழிகாட்டும். இவற்றில் இருந்து பெறப்படும் கட்டளைகளை ஏற்று, இலக்குகளை மோதித் தாக்க உதவுவது இந்தக் 'கட்டளை நெறிப்பாடு' ஏவுகணைகள்.

அமெரிக்க இராணுவத்தின் லாக்ரோசி **(Lacrose)**, ஜெர்மனியின் களம் விட்டுக் களம் பாயும் ஏவுகணைகளான 'சிமீட்டர்லிங்' **(Schmetterling)**, 'வாசர்ஃபால்' **(Wasserfall)**, 'என்சியன்' **(Enzian)**, 'ரீயின்டோக்டர்-1' **(Rheintochter-1)**, 'ரீயின்டோக்டர்-3' **(Rheintochter-3)** ஆகியனவும், விமானத்தில் பறந்தவாறே எதிரி விமானத்தின் மீது பாயும் 'எச்எஸ்-298' **(HS-298)**, 'எச்எஸ்-117-எச்.' **(HS-117-H)** ஏவுகணைகளும், வானிலிருந்து நிலத்தில் தாக்கும் 'எச்எஸ்-293' **(HS-293)** வரிசைக் கணைகளும், அமெரிக்காவின், 'வியரி வில்லி' **(Weary Willy)** ஏவுகணையும் போன்றவை

இரண்டாம் உலகப் பெரும் போரின்போது, 'கதிரலைக் கட்டளை' **(Radio Command)** முறைப்படி இயங்கியவை ஆகும்.

3. அக நெறிப்பாடு

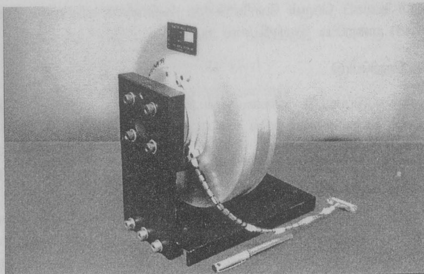
தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தில் இருந்து அவ்வப்போது நேரடிக் கட்டளைகள் பெறுவதற்குப் பதில் சில ஏவூர்திகள் பயண வழிமுறைகளைத் தமக்குள்ளே சுமந்து செல்லும். இதனை 'அக நெறிப்பாடு' என்கிறோம். செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன்களிலும், விண்ணூர்திகளிலும் இத்தொழில் நுட்பமே இடம் பெறுவதாகும்.

ஏவூர்தி தடம் விலகினால், அந்நிகழ்ச்சியினை, 'நிலைச்சுற்றிகள்' எனப்படும் 'ஜைரோஸ்கோப்புகள்' **(Gyroscopes)** உணர்ந்து, 'தளக் கணிப்பொறி'க்கு **(Onboard Processor)** உடனடித் தகவல் அனுப்பும். அதனுள் சேமித்து வைக்கப் பட்டுள்ள இயக்க ஆணைகள் ஏவூர்தியின் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகளைத் **(Control Devices)** தூண்டுவிக்கும். இதனால் ஏவூர்தியின் பயணம் தடம் பிறழாது நெறிப்படுத்தப்படும்.

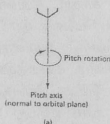
3. 1 நிலைச்சுற்றி

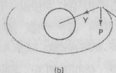
'நிலைச்சுற்றி'யானது நின்ற இடத்திலேயே நிலையாகத் தன்னச்சில் வேகம் குன்றாது சுழலுகிற சைக்கிள் சக்கரம் போன்றது. (படம் 11 : 1) அதனை வல அல்லது இடப் பக்கமாக மெல்லத் திருப்ப முயன்றால் அது தலையைச் சாய்த்துப் படுப்பது போல் இருக்கும். அதாவது செங்குத்து அச்சுத் திசையைச் சுற்றுமாறு ஊட்டிய விசையால் சக்கரத்தின் அசைவு, கிடை அச்சுக்குச் சாய்வாக வெளிப்பட்டது. இங்கு செங்குத்து அச்சு என்பது 'உள்ளீடு அச்சு' **(input axis).** கிடை அச்சு என்பது 'வெளியீட்டு அச்சு' **(output axis).** இவ்வாறே, ஏவூர்தியிலும் நிலை விலகல் அல்லது தடப் பிறழ்வு என்பது நிலைச்சுற்றியின் வெளிப்பாடாக தளக் கணிபொறிக்கு அறிவிக்கப் படுகிறது.

இவ்வாறு ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக மூவச்சுக்களில் தனித்தனியே சுழன்று கொண்டிருக்கும் மூன்று நிலைச்சுற்றிகள் ஏவூர்தியின் முன்பின் சாய்வு **(Pitch)**, பக்கவாட்டில் சரிவு **(Yaw)**, உருள்வு **(Roll)** ஆகிய தடப் பிறழ்வுகளை உணரலம். இதன்வழி ஏவூர்தியின், பயணத் திசை கட்டுப்படுத்தப்படும். (படம் 11 : 2)



படம் 11.1 : உந்துச் சக்கரமும் அதன் பண்புகளும்





படம் 11.2 : சாய்வு, சரிவு, உருள்வு-மூவச்சுச் செயற்பாடுகள்

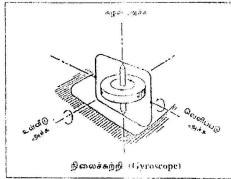
(இந்நிலைச்சுற்றிகள், குமிழ்க் கும்பா **(Gimbal)** போன்ற கிண்ண அமைப்பினுள் உராய்வின்றி, தனித்துச் சுதந்திரமாக மிதக்குமாறும் வடிவமைக்கப்படலாம்).

எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு கும்பாவில் நீர் எடுத்து அதில் ஒரு குச்சியைச் செங்குத்தாக மிதக்கவிட்டுப் பார்க்கலாம். அது பாத்திரச் சுவருக்கு

இணையாக நிமிர்ந்தே நிற்கிறது. இனி, நீர் வெளியே சிந்தாதபடி அந்தக் கும்பாவை மெல்லச் சரியுங்கள். அப்போதும் அக்குச்சி நீர் மட்டத்திற்குச் செங்குத்தாகவே நிற்கும். ஆனால் பாத்திரச் சுவரைப் பொறுத்தமட்டில் சுற்றுச் சாய்வாகக் காணப்படும். இப்பாத்திரத்திற்கும் குச்சிக்கும் இடையிலான கோணத்தினை அளப்பதன் வழி பாத்திரத்தின் சாய்வு அறியப்படும். ஏவூர்தியின் முன்பின் சாய்வு **(pitch)** அல்லது பக்கவாட்டில் சரிவு **(yaw)** மற்றும் தன்னச்சில் உருள்வு **(roll)** ஆகிய நிலைகளை அளந்தறிய இத்தகைய நிலைச்சுற்றிகள் உதவுகின்றன.

இங்கு நீர் இன்றி உலர்ந்த கும்பாவில் பொருத்தப்பட்ட நிலைச் சுற்றி அமைப்பு, ஏவூர்தியின் பயணத் திசையை அறியப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதுவே 'ஜைரோ ஸ்கோப்' தத்துவம். (படம் 11 : 3)

நிலைச்சுற்றிகளால் கட்டுப்படுத்தப்படும் இவ்வகை நெறிப்பாட்டினை 'நிலைத்துவ (சடத்துவ) நெறிப்பாடு' **(Inertial Guidance)** என்கிறோம்.



படம் 11.3: ஜைரோஸ்கோப் எனும் நிலைச் சுற்றி இயக்க அடிப்படை

புவி ஈர்ப்புவிசை **(Gravitational Force)** அல்லது காந்தப் புலம் **(Magnetic Field)** ஆகியவற்றின் போக்குத்திசை சார்ந்த தடத்தில் பயணம் செய்யும் ஏவுகலனின் நெறிப்பாட்டினை, 'தரைக் குறிப்பீட்டு நெறிப்பாடு' **(Terrestrial Reference Guidance)** என்று வழங்குகிறோம்.

புவிமேற்பரப்பின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் எழும் புவிஈர்ப்பு விசையின் திசை, அப்புள்ளிக்கே உரித்தான செங்குத்துத் **(Vertical)** தன்மையாகும். புவி

மீது அப்புள்ளியின் இருப்பிடம், அட்சரேகை **(Latitude)**, தீர்க்கரேகை **(Longitude)**, ஆகிய கற்பனைக் கோடுகளால் குறிக்கப்படும். அப்புள்ளியில் நிறுத்தி வைக்கப்பட்ட ஏவுகணையின் பயணத்தை, அந்தச் செங்குத்தினோடு தொடர்புறுத்தி நெறிப்படுத்தலாம். இதனையே 'நிலைத்துவப்புவிஈர்ப்பு நெறிப்பாடு' **(Inertial Gravitational Guidance)** என்பர்.

அன்றி, புவியின் காந்த நடுக்கோடு **(Earth's Magnetic Equator)**, காந்தத் துருவங்கள் **(Magnetic Poles)** போன்ற புவிக் குறிப்பீட்டு அடையாளங்களை வைத்து ஏவுகலனை நெறிப்படுத்தலாம். இதனைத் 'தரை - காந்த நெறிப்பாடு' **(Terrestrial – Magnetic Guidance)** எனலாம்.

விண்வெளிப் பயணத்தின்போது, பூமியிலுள்ள தரை அடையாளங் களுக்குப் பதிலாக வானில் நிலையான சில விண்மீன்களை அடையாளம் வைத்தும் ஏவூர்தி தடம் பிறழாது செல்ல வழி காட்டலாம். இவ்வாறு குறித்த விண்மீன்களின் இருப்பிடத்தை அடையாளம் ஆக்கிப் பறந்து செல்வதற்கு ஏதுவாக விண்ணூர்திகளில் ஒளி மின்கலன்கள் **(Photo Cells)** பொருத்தப் பட்டிருக்கும். இவ்வகை நெறிப்பாடே 'விண்ணக நெறிப்பாடு' **(Celestial Guidance)** எனப்படும்.

4. குறியுணர் நெறிப்பாடு

இது பெரும்பாலும் ஏவுகணைத் தொழில்நுட்பத்தில் கையாளப்படும். பகைப்புல விண்ணூர்திகள், காற்றூர்திகளில் இருந்து கிளம்பும் வெப்பம், ஒலி, ஒளி, ரேடார் **(Radar)** போன்ற கதிர்வீச்சினை 'மோப்பம்' பிடித்து அவற்றையே இலக்காக்கிப் பின்தொடர்ந்து சென்று, குறிவைத்துத் தாக்கி விடலாம். இவ்விதம் மோப்பத்தால் குறியுணரும் ஏவுகணைகளை வழிநடத்துவதைக் 'குறியுணர் நெறிப்பாடு' **(homing guidance)** அல்லது 'மோப்ப நெறிப்பாடு' என வழங்குகிறோம்.

குறியுணர் நெறிப்பாடு மூவகைப்படும். முதல் வகையில் மின்காந்த சமிஞ்ஞை **(Signal)** பரப்பவும், ஏற்று வாங்கவுமான கருவி **(Transmitter and Receiver)** இடம்பெறும். விரைந்து செல்லும் விமானத்தினை நோக்கி மின்காந்த அலைக்கற்றையைப்பாய்ச்சி அதன் பிரதிபலிப்பை ஏற்பதன் மூலம் விமானத்தின் இருப்பிடத்தை உணரலாம். இவ்விதம் தானாகக் கதிர் அலைகளைப் பரப்பி வினைபுரிந்து குறியுணர்வதால், இத்தொழில் நுட்பம் 'வினைபுரி குறியுணர் நெறிப்பாடு' **(Active Homing Guidance)** எனப்படும்.

இரண்டாம் வகையில், ஏவுகணை தன்னிடம் இருந்து - மின்காந்தக் கதிர் அலைகளைச் செலுத்துவது இல்லை. மாறாக, புவி நிலையத்தில் இருந்து பாய்ச்சப்படும் கதிர்வீச்சானது எதிரி விமானத்திற் பட்டுப் பிரதிபலிக்கும் ஆற்றல் அளவை உணர்ந்து ஏற்று வாக்கும் நுட்பம் கையாளப் பெறுகிறது. இதனைக் 'குறைவினைக் குறியுணர் நெறிப்பாடு' **(Semi-active homing guidance)** என்பர்.

மூன்றாவது வகையில் தன்னிடம் இருந்தோ அல்லது, தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தில் இருந்தோ எந்தவொரு மின்காந்தக் கதிர் அலைகளையும் பரப்ப வேண்டியதே இல்லை. தரை விமானங்கள் **(Jet Planes)** வெளிவிடும் வெஞ்சுடர்த் தாரையோ, காற்றுவெளியில் உராய்ந்து செல்லும் விமானங்களின் புறவெப்பமோ அகச் சிவப்புக் கதிர்வீச்சு **(Infra-red Radiation)** கொண்டிருக்கும். அந்த வெப்ப அலை, 'வாலை'ப் பற்றிக்கொண்டு இலக்கைச் சென்று தாக்க வல்ல அடையும் உத்தியினை 'அகச் சிவப்புக் குறியுணர்தல்' **(Infra-red Homing Missile)** என்கிறோம்.

அவ்வாறே விமானங்கள் செலுத்தும் ரேடார் கதிர்வீச்சைத் துருவியுணர்ந்து சென்று தாக்குவதே 'ரேடார் குறியுணர்தல்' **(Radar Homing)** ஆகும். இவ்வகையில் ஏவுகணைகள், தாமாக எந்தக் கதிர்வீச்சையும் செலுத்தாமலே குறியுணர்வதால் இது 'வினையறு குறியுணர் நெறிப்பாடு' **(Passive Homing Guidance)** ஆகும்.

12

உந்து எரிபொருள் தொழில்நுட்பம்

போர்க் கணைகள், வானிலை ஆராய்ச்சிக்கு உதவும் ஏவூர்திகள், விண்வெளிச் சுற்றுப்பாதைக்குச் செயற்கைக் கோள்களைச் சுமந்து செல்லும் விண்கலங்கள், அண்டவெளியில் சென்று மீளும் விண்வெளி ஓடங்கள், கோள்களின் இயல்புகளை ஆராய்வதற்கு உதவும் நெடுந்தூர விண்ணூர்திகள், அண்டவெளி ஊடுருவிகள் ஆகியன தொடர்பான அனைத்து ஆய்வுக்கும் அடிப்படைத் தேவை உந்து எரிபொருள் தொழில்நுட்பம் **(Propellant Technology)** ஆகும்.

ஏவூர்தியை அல்லது ஏவுகணையை உந்து விசையால் மேல்நோக்கிச் செலுத்தத் தேவையான எரிபொருள்களே ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்கள் **(rocket propellants)** எனப்படும்.

நில வாகனங்கள் எரிபொருள்களை எரித்து இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றுவதற்குத் தேவையான ஆக்சிஜனைக் காற்றிலிருந்து எடுத்துக்கொள் கின்றன. ஆனால் ஏவூர்திகள் காற்றே இல்லாத வெற்றிடத்திலும், விண் வெளியிலும், நீருக்கு அடியிலும்கூட இயங்குகின்றன; காரணம் ஏவூர்தி எரிபொருள்கள், எரிவதற்குத் தேவையான ஆக்சிஜனை ஏதேனும் ஒரு வடிவத்தில் தமக்குள்ளேயே அடக்கி வைத்துள்ளன. இந்த எரியும் பொருளும், ஆக்சிஜன் போன்ற எரிக்கும் பொருளும் தனித்தனியாகவோ, கலந்தோ, திண்ம நிலையிலோ நீர்ம நிலையிலோ சேமித்து வைக்கப்படும். இதனையே 'உந்து எரிபொருள்' அல்லது உந்துவிப்பான் என்கிறோம்.

இங்கு உந்து எரிபொருள்களின் வேதியியல் ஆற்றலே வெப்ப ஆற்றலாகவும், இயந்திர ஆற்றலாகவும் மாறி ஏவூர்திகளை இயக்குகிறது.

உந்து எரிபொருள்களின் வளர்ச்சி

ஏறத்தாழ, பதின்மூன்றாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்திலேயே கரி, கந்தகம், பொட்டாசியம் நைட்ரேட் ஆகியவை கலந்த வெடிமருந்தால் செலுத்தப்பட்ட தீக்கணைகளின் செயல்பாட்டினைச் சீனர்கள் அறிந்து வைத்திருந்தனர்.

வெடிமருந்து உந்து எரிபொருள்கள் தயாரிப்பிற்கென கி.பி. 1680-ஆம் ஆண்டிலேயே மாஸ்கோவில் 'ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் நிலையம்' நிறுவப் பட்டு ஆய்வுகள் தொடர்ந்தன. இதில் எச்.டி. சஸ்யாத்கோ **(H.D. Zasyadko, 1779-1837)**, கே.ஐ. கான்ஸ்டன்டினோவ் **(K.I. Konstantinov, 1817-1871)**, எம்.எம். போமோர்த்செவ் **(M.M. Pomortsev, 1851-1916)** மற்றும் என்.ஐ. டிக்கொமி ரொவ் **(N.I. Tikhomirov, 1860-1930)** போன்றோரின் முயற்சிகள் குறிப்பிடத் தக்கன. இவர்களுள் புகையின்றி எரியும் உந்து எரிபொருளினைக் கண்டுபிடித்த பெருமைக்குஉரிய முதல் ரஷிய விஞ்ஞானி டிக்கொமிரொவ் ஆவார்.

இதற்கிடையில் கி.பி. 1886-இல் வைல்லி **(Vielle)** எனும் மேலைநாட்டவர் அறிமுகப்படுத்தப்பட்ட எரியும் நைட்ரோ செல்லுலோஸையும் **(Nitro Cellulose)**, 1890-இல் புகழ் மிக்க ஆல்ஃபிரட் நோபல் அறிமுகப்படுத்திய நைட்ரோ செல்லுலோஸ் நைட்ரோ கிளிசரின் **(Nitro Cellulose - Nitro Glycerine)** கலவையையும் தொழில் வல்லுநர்கள் ராக்கெட்டுகளில் பயன்படுத்தலாயினர்.

கி.பி. 1903-இல் ராபர்ட் எஸ்னால்ட் பெல்ட்ரீ **(Robert Esnault Bellerie)** டெட்ராநைட்ரோ மீதேன் **(Tetranitro Methane)** எனும் வெடிமருந்தினை ஆக்சிகரணியாகக் **(Oxidizer)** கொண்டு கைவிரல்கள் நான்கினைச் சுட்டுக் கொண்டார். அதே காலகட்டத்தில் எஞ்ஜன் சாங்கர் **(Engen Sanger)** எனும் ஆஸ்திரிய நிபுணர் கரியுடன் ஆக்சிஜனைக் கலந்து உந்து எரிபொருள் உருவாக்க முற்பட்டார்.

திரவ எரிபொருள்

திண்ம உந்துவிப்பான்களைப் போலன்றி திரவ நிலையில் உள்ள எரிபொருளை நீர்ம ஆக்சிஜனில் **(Liquid Oxigen)** எரித்து ஏவூர்திகளை இயக்கும் முறையினை, கி.பி. 1903-இல் கான்ஸ்டன்டின் சியோல்கோவ்ஸ்கி **(Konstantin Tsiolkovsky)** எனும் சோவியத் அறிஞர் வெளியிட்டார். இவர் விண்வெளியியலின் தந்தை என்று அழைக்கப்படுகிறார். நீர்ம ஹைடிரஜன் **(Liquid Hydrogen)**, மீத்தேன், ஹைட்ரோ கார்பன்கள், பென்சீன், காஸோலின், டர்பென்டைன் போன்ற எரிபொருள்களையும், நீர்ம ஆக்சிஜன், ஓசோன் நைட்ரஜன் பென்டாக்ஸைடு போன்ற ஆக்சிகரணிகளையும் வகையாகச் சுட்டிக் காட்டியவர் இவரேயாவார்.

கி.பி. 1926-ஆம் ஆண்டு ராபர்ட் ஹுச்சிங் கொட்டார்டு **(Robert Hutching Goddard)** எனும் அமெரிக்க நிபுணர், ஈத்தர் எரிபொருளுடன் நீர்ம ஆக்சிஜனைக் கலந்து உலகின் முதலாவது நீர்ம உந்து ஏவூர்தியினைப் பரீட்சார்த்தமாக இயக்கி வெற்றி கண்டார்.

கி.பி. 1930-ஆம் ஆண்டு வாலென்டைன் பெட்ரோவிச் குளுஷ்கோ **(Valentine Petrovich Glushko)** எனும் அறிஞர் சோவியத் ரஷியாவின் முதலாவது நீர்ம உந்து ஏவூர்திப் பொறியினை வடிவமைத்தார். அதில் மண்ணெண்ணெயுடன் நைட்ரிக் அமிலம் பயன்படுத்தப்பட்டது.

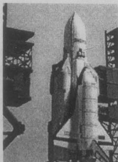
ஜெர்மனியில் வெர்னர் வான் பிரான் **(Werhner Von Braun)** உருவாக்கிய **(V-2)** ஏவுகணையில் ஆல்ககாலும் நீர்ம ஆக்சிஜனும் உந்து எரிபொருள் ஆயின.

ஒருசிலர் எலுமிச்சை எண்ணெய் மற்றும் பிரெஞ்சு பாலிஷ் போன்ற சாதாரண எரிபொருள்களையும், ஃபுளூரின் **(Fluorine)** போன்ற எரிக்கும் பொருள்களையும் ஏவூர்திகளில் கையாளும் கருதுகோள்களையும் தெரிவித்தனர்.

எரிபொருள் ஜோடி

எதுவாயினும் ஏவூர்தியியலில் இன்றுவரை 'நீர்ம ஹைடிரஜன் - நீர்ம ஆக்சிஜன்' ஜோடி யினை வெல்லும் ஆற்றல் பெற்ற அதிநவீன வேதியியல் உந்து எரிபொருள்கள் தோன்றவேயில்லை.

1966 மே 30 அன்று அமெரிக்கா, சந்திரனுக்கு அனுப்பிய சர்வேயர்-1 எனும் விண்கலத்தினைச் சுமந்து சென்ற சென்டார்-அட்லஸ் **(Centaur-Atlas)** ஏவூர்தியின் முதல் கட்ட உந்தும ஊக்கியில் பரீட்சார்த்த ரீதியாக நீர்ம ஹைட்ரஜன்-நீர்ம ஆக்சிஜன் ஜோடி பயன்படுத்தப்பட்டது. இவ்வாறு பயன்படுத்தப்பட்டது வரலாற்றில் இதுவே முதல் தடவையாகும்.

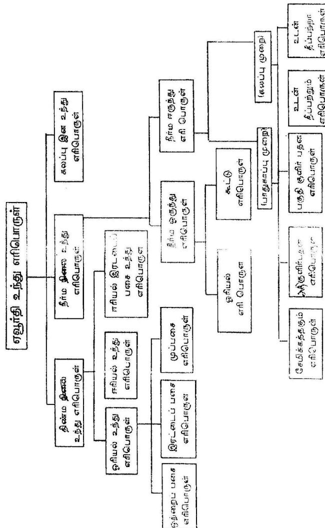


அப்போலோ **(Apollo)** விண் பயணங்களின் வாகனமான 'சாட்டர்ன்-5' **(Saturn-V)** ஏவூர்தியின் இரண்டாம், மூன்றாம் கட்டங்களிலும், இன்றைய அமெரிக்க விண்வெளி ஓடங்களின் பிரதானப் பொறிகள் **(Space Shuttle Main Engine)** மூன்றிலும்,

படம் 12.1: உலகின் உயர்திறன் மிக்கப் பளுதூக்கி ஏவூர்தி-'எனர்ஜியா'வும் அதன்மேல் தொற்றி இருக்கும் 'புரான்' விண்வெளி ஓடமும்.

உலகின் திறன்மிக்க எனர்ஜியா(**Energia,** படம் 12:1) எனும் சோவியத் ரஷியாவின் 100 டன் பளுத் தூக்கி ஏவூர்தியின் மையப் பொறிகளிலும் **(Core Engines)** நீர்ம ஹைட்ரஜன் - நீர்ம ஆக்சிஜன் உந்து எரிபொருள் அமைப்பு இடம்பெறுகின்றது.

ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்களை அவற்றின் பண்புகளுக்கு ஏற்பத் திண்ம **(Solid),** நீர்ம **(Liquid),** கலப்பின **(Hybrid)** உந்து எரிபொருள்கள் என மூவகைப் படுத்தலாம். (படம் 12 : 2)



படம் 12.2 : ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் வகைகள்

1. திண்ம உந்து எரிபொருள்கள் (Solid Propellants)

நில ஊர்திகளும், காற்று விமானங்களும் அவற்றின் மொத்த எடையில் ஏறத்தாழ 50% அல்லது அதற்கும் குறைந்த எடையிலான எரிபொருளையே எடுத்துக் கொள்கின்றன. ஆனால் முழு ஏவூர்தியில் உந்து எரிபொருள் அமைப்பு மட்டும், மொத்த எடையில் ஏறத்தாழ முக்கால் பாகத்திற்கும் அதிகமாக உள்ளது.

இந்தத் திண்ம எரிபொருள் எரியும் முறையில் இருவகை உண்டு. ஒன்று ஆரநிலை **(Radial Burning)** எரிதல்; மற்றொன்று நுனி நிலை எரிதல் **(End Burning)** என்பனவாகும்.

ஆரநிலை எரிதலில் எரிபொருள் தண்டு **(Propellant Grain)** அதன் அச்சு மையத்திலிருந்து வெளிவட்டம் நோக்கியோ, வெளிவட்ட விளிம்பிலிருந்து மையம் நோக்கி உட்புறமாகவோ எரியும். நுனிநிலை எரிதல் என்பது சிகரெட் புகைவது போன்றது. தண்டின் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனை நோக்கி எரியும் இதன் எரிவேகம் **(Burn-rate)** நொடிக்கு 5-15 மி.மீ. ஆகும். இந்த வேகத்தை மிகைப்படுத்த எரிபொருள் தண்டின் உள்ளே நீளவாக்கில் வெள்ளி போன்ற உலோகக் கம்பிகளை ஊடுபாவுதல் உண்டு. அன்றி எரிபொருள் கலவையில் எரிவேக முடுக்கிகள் **(Burn rate accelerators)** கலப்பதும் உண்டு.

திண்ம எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவைகள்

(1) இவ்வகை எரிபொருள்கள் உயர் ஒப்பு விசை எண் **(Specific Impulse – Isp)** உடையதாக இருக்க வேண்டும். இந்த எண்ணே உந்து எரிபொருள்களின் முதன்மைத் தேவை ஆகும். ஒரு நொடியில் ஒரு கிராம் எரியும்போது வெளியிடப்படும் விசையின் **(Thrust)** அளவு இது.

$$\text{ஒப்பு விசை எண்} = \frac{\text{(சராசரி விசை)} \times \text{(எரிகால அளவு)}}{\text{(எரிந்த எரிபொருளின் பொருண்மை)}}$$

ஒப்பு விசை எண் என்பது இயற்பியல் கணிப்பின் அடிப்படையில் 'விரைவு' **(velocity)** அளவீடு ஆகும். ஆயின் அந்த அளவை புவியீர்ப்பு விசையால் வகுத்துப் பெறும் 'கால' **(time)** அளவீட்டில் இத்தனை நொடிகள் என்றே வழங்குகிறோம்.

கூடுதல் ஒப்பு விசை எண் பெற வேண்டுமானால் எரிவினைப் பொருள்கள், குறைந்த மூலக்கூறு எடை கொண்டதாகவும், எரிவினையின் போது கூடுதல் வெப்பநிலை வெளியிடுவதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

(2) மேலும் எரிபொருள் தண்டு அடர்த்தி மிக்கதாகவும் இருக்கவேண்டும். அப்போதுதான் ஏவூர்தியின் குறைந்த கன அளவுக்குள் மிகுந்த எடை எரிபொருளை நிரப்ப முடியும்.

(3) எரிபொருள், சேமிப்புக் கிடங்கில் **(Propellant Magazine)** நீண்ட நாள் பாதுகாக்கப்பட்டாலும், அதன் எரி திறம் நாளாவட்டத்தில் குறைந்து விடாததாகவும் இருக்கவேண்டும்.

(4) சிறிதளவு அதிர்ச்சியிலோ, வெப்பத்தினாலோ கூடப் பாதிக்கப்படாத தாகவும், இடம் விட்டு இடம் கொண்டு செல்லும் போதும் கையாளும் போதும் எளிதில் தீப்பற்றாததாகவும் இருக்க வேண்டும்.

(5) தயாரிப்பு முறையில் தீங்கு அற்றதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

(6) ஏவூர்திப் பொறியின் உட்பூச்சு **(Liner)**, காப்புறை **(Insulation)** போன்ற வற்றோடு ஒத்தியல்பு **(Compatibility)** உடையதாக இருக்கவேண்டும்.

(7) வெப்பத்தை அரிதில் கடத்தும் தன்மையுடையதாக இருக்கவேண்டும்.

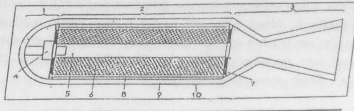
(8) இதன் எரிவினைப் பொருள்கள் நச்சுத்தன்மை, அரிக்கும் தன்மை அற்றவையாக இருக்க வேண்டும்.

(9) விட்டுவிட்டு எரிவது, அதிவேகத்தில் எரிவது போன்ற எதிர்பாராத குளறுபடிகளால் ஏவுகலன் வெடித்துச் சிதறவும் கூடும். அதனால் சீராக எரியக் கூடியவையாக இருக்க வேண்டும்

(10) இதன் தயாரிப்புக்கான மூலப்பொருள்கள், உள்நாட்டில் எளிதில் குறைந்த விலையில் கிடைப்பனவாகவும் இருத்தல் அவசியம்.

ஏவூர்திப் பொறி அமைப்பு

பொதுவான திண்ம உந்து எரிபொருள் கொண்ட ஏவூர்திப் பொறியின் பகுதிகளை படம் 12 : 3இல் காணலாம்.



படம் 12.3: திண்ம உந்து பொறி

இந்த ஏவூர்திப் பொறியின் தலைப்பகுதியில் (சில ஏவூர்திகளில் பின்புறக் கூம்புக் குழல் பகுதியிலும்) வைக்கப்பட்டுள்ள எரியூட்டி **(Igniter)**, கனல் நுட்ப வகை **(Pyrotechnic Type)** அல்லது கனல் பிறப்பு வகை **(Pyrogenic Type)** சார்ந்ததாக இருக்கும்.

கனல் நுட்ப வகை எரியூட்டியில் பொட்டாசியம் நைட்ரேட், பொட்டாசியம் பெர்க்குளோரேட் போன்ற ஏதேனும் ஓர் ஆக்சிகரண **(Oxidizer)** உப்புடன் மக்னீசியம், அலுமினியம், சிர்க்கோனியம் போன்ற உலோக எரிபொருள் சேர்ந்த தூள் கலவை இடம்பெறும்.

கனல் பிறப்பு வகை எரியூட்டியில் மேற்குறித்த உப்பு - உலோகத்தூள் ஆகியவற்றுடன் பாலி எஸ்ட்டர், பாலி யூரித்தேன், எப்பாக்சி செயற்கைப் பிசின் போன்ற ஏதேனும் பசைக் கோவையும் கலந்திருக்கும். இவ்வகை எரியூட்டியை அதிவேகத்தில் கனல் பிறப்பிக்கும் உந்து எரிபொருள் இனத்தோடு ஒப்பிடலாம்.

ஏவூர்தி உந்து எரிபொருளைத் தீப்பற்றவைக்க எரியூட்டி தேவை. அந்த எரியூட்டியைத் தூண்டுவிக்க மின்பொறியால் பற்ற வைக்கிறோம். அது உமிழும் அனல்மிகு வெப்பப் புகை, ஏவூர்தியின் கனற்சி அறையிலுள்ள எரிபொருள் குழல்தண்டில் எரியூட்டிவிடும். எரிநடுக் குழலின் **(Propellant port)** உட்பரப்பு முழுதுமாகத் தீப்பிடித்து ஆரநிலையில் எரியத் தொடங்கும். அதன் சராசரி வெப்பநிலை 3000 பாகை செல்சியசிற்கும் கூடுதல் ஆக இருக்கும். அப்போது எரிகலனாகிய கனற்சி அறைக்குள் **(Combustion Chamber)** நிறையும் வெப்பப் புகை மண்டலத்தின் அழுத்தம், கடல் மட்டத்திலான புறக்காற்று அழுத்தத்தைவிட 60-70 மடங்காக இருக்கும். அனல் பிழம்புடன் வெளிப்படும் இந்த வெப்ப வளிமங்கள், ஏவூர்திப் பொறியின் பின்புறத்தில் பொருத்தப்பட்ட கூம்புக்குழல் வழியாக, அசாதாரண வேகத்தில் பீச்சப்படுகின்றன. இவ்விதம் வெப்ப வளிமங்கள் சீறி வெளிப்படு திசைக்கு எதிர்த் திசையில் ஏவூர்தி முன்னோக்கி உந்தித் தள்ளப்படுகிறது.

திண்ம உந்து எரிபொருள்களை ஓரியல் உந்து எரிபொருள் **(Homogeneous Propellant)**, ஈரியல் உந்து எரிபொருள் **(Composite Propellant)**, ஈரியல் திருத்திய இரட்டைப் பசை எரிபொருள் **(Composite Modified Double – Base Propellant)** என மூவகைப்படுத்தலாம். இவற்றின் தயாரிப்பில் வெவ்வேறு தொழில்நுட்பங்கள் கையாளப்படுகின்றன.

(அ) பிதிர்வு முறை

திண்ம எரிபொருள்கள், ஒரே நிலையில் உள்ள பசையாகத் தயாரிக்கப் படுபவை 'ஓரியல் எரிபொருள்கள்' . இவற்றை ஒற்றைப் பசை **(Single Base)**, இரட்டைப் பசை **(Double Base)**, முப்பசை **(Triple Base)** எனவும் பிரிக்கலாம்.

ஒற்றைப் பசை எரிபொருள்

வெடிப் பஞ்சு **(gun cotton)** ஆகிய நைட்ரோ செல்லுலோஸ் தனித்த நிலையில், அதிர்ச்சியினால் அல்லது உராய்வினால் வெடித்துத் தீங்கு விளை விக்கக்கூடும். அதனால் பெரும்பாலும் நைட்ரோ செல்லுலோஸ் நீருடன் கலந்தே பண்ட சாலையில் பாதுகாக்கப்படுகின்றது. இந்த ஒற்றைப் பொருளே தனக்குள் எரிபொருளையும் அதை எரியச் செய்யும் ஆக்சிஜனையும் கொண்டுள்ளது. நைட்ரோசெல்லுலோஸுடன் ஈதர் - ஆல்கஹால் கரைப்பான் **(Solvent)**, டைஃபீனைல் அமின் போன்ற நிலைப்பான் **(Stabiliser)** கலந்து, கரைப்பான் பிதிர்வு முறையில் **(Solvent Extrution Process)** ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் தயாரிக்கலாம்.

ஏவூர்தி எரிதண்டு தயாரான பின்னர் தளவாடக் கிடங்கில் நீண்டநாள் சேமித்து வைக்க நேரலாம். அந்தக் காலகட்டத்தில் எரிபொருளின் தன்மை காற்றிலுள்ள ஆக்சிஜனால் பாதிக்கப்படாமல் வைக்க நிலைப்பான் **(Stabilizer)** என்னும் ஒருவகை வேதியியற் பொருள் உதவுகிறது.

இரட்டைப் பசை எரிபொருள்

நைட்ரோ செல்லுலோஸ் **(Nitro Cellulose)** தன்னைத்தானே முழுதுமாக எரித்துக்கொள்வதற்கு 30% வரையிலான ஆக்சிஜனைத் தன்னுள் அடக்கி யுள்ளது. ஆனால் நைட்ரோ கிளிசரின் **(Nitroglycerine)** ஆகிய வேதியியற் பொருளில் தன்னை எரித்துக்கொள்ள 3.5% ஆக்சிஜன் மட்டுமே கூடுதலாக உள்ளது. எனவே இந்த இரு சேர்மங்களையும் அடிப்படையாக வைத்து, ட்ரைஅசிட்டீன் **(Triacetin)**, அமின் ஆகியவற்றுடன் கரைப்பான் கலந்தோ, கரைப்பான் இன்றியோ பிதிர்வு முறையிலோ இரட்டைப் பசை எரிபொருள் தயாரிக்கப் படுகிறது. 200 மி.மீ. விட்டத்திற்கு மேற்பட்ட பெரிய அளவிலான எரிபொருள் தண்டுகள் அச்சில் வார்த்து எடுக்கப்படுவதும் உண்டு.

(ஆ) உருண்டை முறை

இது, முதல் உலகப் போருக்குப்பின் நடைமுறைக்கு வந்தது. அமெரிக்கா விலுள்ள ஆயுதக் கிடங்கில் பயனற்று வைக்கப்பட்டு இருந்த முதிர்ந்த எரிபொருளை 'வெஸ்ட்டர்ன் கார்ட்ரிட்ஜ்' என்ற நிறுவனம் புதுப்பித்து மிகச் சிறந்த எரிபொருளாக மாற்றுவதற்குக் கையாண்டதே இந்த உருண்டை முறையாகும்.

இம்முறையில் நாள்பட்ட எரிபொருளை ஈத்தைல் அசெட்டேட் **(Ethyl Acetate)** போன்ற கரைப்பானில் இட்டு, நிலைப்பான் முதலான துணைப் பொருள்களையும் கலந்து வேகமாகப் பிசைந்து, குருணைகளாகத் திரட்டி உருட்டுவர். இந்த உருண்டைகள் ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக்கொண்டு மீண்டும் கெட்டியாகிப் படிந்துவிடக் கூடாது. அதற்காகச் சோளக் கஞ்சி ஒத்த பாதுகாப்புக் கூழைக் கலந்து வைப்பர். பின்னர் கவனமுடன் எரி பொருள் உருண்டைகள் தனித்தனியே பிரித்து எடுக்கப்படும். தொடர்ந்து, அவற்றைச் சல்லடையால் அரித்து வகைப்படுத்துவர்.

எரிபொருளின் எரிவேகத்தைக் கூட்டுவதற்கு நைட்ரோகிளிசரினும், குறைப்பதற்கு டை-நைட்ரோ டொலுயீனும் **(Dinitro-toluene)** பூசப்படும். வெப்பத்தை எளிதில் பிரதிபலிக்க வல்ல கரித்தூள் மினுமினுப்பூட்டியையும் விரவிக் குலுக்கிப் பாத்திரங்களில் அடைத்துப் பாதுகாக்கலாம்.

வார்ப்பு முறை

200 மி.மீ. விட்டத்திற்கும் மேலான பெரும் ஏவூர்தி எரிபொருள் தண்டு களைப் பிதிர்வு முறைகளில் தயாரிப்பது அவ்வளவு எளிதல்ல. ஏனெனில் அவ்விதம் மேலும் உண்டாக்கப்பட்ட ஏவூர்தி எரிபொருள் சீர்குலைந்து, நம்பகத் தன்மையற்றுப் பயனின்றிக் கெட்டுவிடக்கூடும். ஆயினும் பிதிர்வு முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட எரிபொருள் தண்டுகளுக்குச் சிறந்த இயந்திரவியல் பண்புகள் **(mechanical properties)** உண்டு. அவற்றை நீட்டி இழுத்தால் நன்கு இழுபடுமே அன்றி எளிதில் உடையாது. மேலும் இம்முறை, வார்ப்பு முறையைவிட எளிதானதும் சிக்கனமானதும் ஆகும்.

பிதிர்வு முறையில் 160 மி.மீ. விட்டமுடைய எரிபொருள் உருளைகள் இந்தியாவில் அரவங்காடு, பண்டாரா, இட்டார்சி ஆகிய இடங்களில் தயாரிக்கப்பட்டன.

பிதிர்வுமுறை, கரைப்பானில்லாப் பிதிர்வுமுறை, உருண்டைமுறை ஆகிய மூன்று முறைகளும் சிறிய ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் உற்பத்திக்கே உதவும்.

ஆயின் கண்டம் விட்டுக் கண்டம் தாவும் ஏவுகணைகள், வானிலை ஆராய்ச்சிக்கு உதவும் ஆய்வூர்திகள் மற்றும் துணைக்கோள்கள் சுமந்து செல்லும் விண்ணூர்திகள் போன்ற பலவகை ஏவூர்திகளும் 200 மி.மீ. விட்டத்தைவிடவும் பெரியவை. அவற்றுக்கான ஏவூர்தி எரிபொருள் தண்டுகள் தயாரிக்கப்படுவது வார்ப்பு **(Casting)** முறையாகும்.

கரைப்பான் கலந்த பிதிர்வு முறையிலோ, உருண்டை முறையிலோ தயாரிக்கப்பட்ட இரட்டைப் பசை எரிபொருளை (தூள் அல்லது உருண்டை வடிவிலான மூலப்பொருள்களாகக் கொண்டு) வார்ப்பு முறையில் எரிதண்டு தயாரிப்பதும் உண்டு. அது 'வார்ப்பு இரட்டைப்பசை எரிபொருள்' **(Cast Double Base Propellant)** எனப்படும்.

இரட்டைப்பசை எரிபொருளுடன் பிக்ரைட் **(picrite)** போன்ற மூன்றாவது வெடிமருந்து கலந்து வார்ப்பு முறையில் தயாரிக்கப்படுவது முப்பசை எரிபொருள். இதனைத் துப்பாக்கி வெடிமருந்தாகவும் பயன்படுத்தலாம்.

ஆயின் ஈரியல் உந்து எரிபொருள்களோ முழுக்க முழுக்க வார்ப்பு முறையில் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய உந்து எரிபொருள்களின் மூலப்பொருள்களில் பாகுநிலை பன்கூறுப் பசைக்கோவை மற்றும் திண்ம நிலை ஆக்சிஜனேற்றி ஆகியவை முக்கியம் ஆனவை. இதில் பசைக் கோவையானது பிசுபிசுப்புத் தன்மையுடன் கூடியதாகும். ஆக்சிஜனேற்றி இங்கு ஆக்சிஜன் மிகுந்த உப்புப் பொருள் ஆகும்.

இவற்றுடன், உலோக எரிபொருள் **(Metallic fuel)**, இணக்கி **(Plasticizer)**, குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்கள் **(Cross Linking Agents)**, எரிவேகம் மாற்றி **(Burn-rate Modifier)**, வினை ஊக்கி **(Accelerator)**, செயலி உதவி **(Processing aid)**, நிலைப்பான் **(Stabilizer)** போன்ற சில துணைப் பொருள்களும் தேவைப்படுகின்றன.

பன்கூறுப் பசைக்கோவை

ஏவூர்தி உந்து எரிபொருளின் அனைத்து மூலப்பொருள்களையும் கட்டுக்கோப்புடன் இணைத்துச் செறிவாக்கும் ஆதாரப் பொருள் இந்தப் பசைக் கோவையாகும். உந்து எரிபொருளில் எரியக் கூடிய பசைப் பொருளும் இதுவே. திண்மநிலை எரிபொருள்களில் பொதுவாக இது 15-20% எடை அளவாக இருக்கும்.

பல்வேறு பசைக் கோவைகளின் தொடக்கப் பாகுநிலை அவற்றின் வேதியியல் தன்மைக்கேற்ப ஏறத்தாழ 4 - 40 பாய்ஸ் **(Poise)** அளவு வரை

மாறு படலாம். ('பாய்ஸ்' என்பது ஒரு திரவத்தின் பாகுதிறனைக் குறிக்கும் அலகு. பாய்ஸ் அளவு குறைவானால் பாய்திறன் அதிகம் என்பது பொருள். எடுத்துக் காட்டாக, ஒரு பாய்ஸ் அளவு என்பது தண்ணீரைப் போல்நூறு மடங்கு பாகுநிலை எனலாம்). இவற்றுக்கு 80 - 90% வரை திண்மப் பொருட் சுமையை **(Solid – Loading)** ஏற்றுக்கொள்ளும் திறன் உண்டு.

மிகக் கடுமையான வெப்பம், குளிர், அதிர்வு நிலைகளில் கையாளும் போது **(handling),** ஏவூர்திப் பொறிக் கூட்டினுள் எரிபொருள் தண்டில் வெடிப்பு ஏற்பட்டு விடலாகாது. அத்தனை விபரீதச் சூழ்நிலைகளையும் தாங்கிக்கொள்ளும் நீட்சி **(Elongation),** நீள்திறன் **(Tensile Stress),** மீள்திறன் **(Elasticity)** உடையதாக இருக்கவேண்டும். இவற்றையே உந்து எரிபொருளின் இயந்திரவியல் பண்புகள் **(mechanical properties)** என்கிறோம்.

அவ்வாறே, மிகக் குறைந்த 'கண்ணாடி மாறு வெப்பநிலை' **(Glass Transition Temperature – Tg)** கொண்டிருக்கவும் வேண்டும். இது ரப்பர் முதலிய மீள்திறன் கொண்ட பொருள்களின் முக்கியப் பண்பாகும். ரப்பரைச் சாதாரண வெப்ப நிலையிலிருந்து குளிர்வித்துக் கொண்டே வந்தால், அது ஒரு குறிப்பிட்ட குளிர் வெப்பநிலையில் தன் மீள்திறனை முழுதுமாக இழந்து விடும். மேற்கொண்டு நீட்டி இழுத்தால் அறுந்துவிடும். அதாவது அப்பொருள் தனது மீள்தன்மை நிலையில் இருந்து மாறி நொறுங்கிவிடும் கண்ணாடித் தன்மையை அடையும். அக்குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையே அப்பொருளின் கண்ணாடி மாறு வெப்பநிலை ஆகும்.

அன்றியும் எரிபொருள் பசைக் கோவை, கூடுதல் வெப்பத்திறன் கொண்டதாக இருக்கவேண்டும். 1 கிராம் பசைக் கோவையை எரித்தால் 10 கிலோ கலோரிக்கும் அதிகமான வெப்பம் வெளிப்பட வேண்டும். இந்த எரிதல் வினையின்போது வெளியிடப்படும் புகை வளிமங்கள் மிகக் குறைந்த மூலக்கூறு எடை உடையதாக இருத்தல் வேண்டும்.

இவ்வகைப் பன்கூறுப் பசைக் கோவைகளில் வெப்பத்தால் இறுகுபவை **(Thermo Setting),** வெப்பத்தால் நெகிழுபவை **(Thermo Plastic)** என இருவகைகள் உள்ளன.

வெப்பத்தால் இறுகும் வகையில் முதன்முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட எரிபொருள் நீர்ம பாலிசல்ஃபைடு **(polysulphide)** ஆகும். அமெரிக்காவிலுள்ள தாரை உந்தும ஆய்வுக்கூடம் **(Jet Propulsion Laboratory)** இவ்வகை முதல் கூட்டு எரிபொருளை உருவாக்கியது. இந்தியாவில் விக்கிரம் சாராபாய் விண்வெளி ஆய்வு மையம் 'தயோபெட்' **(Thioped)** வகை எரிபொருளை

உருவாக்கியது. பாலிசல்ஃபைடுகளைத் தவிர பாலியூரிதேன் **(polyurethane)**, பாலிபியூட்டாடையீன் **(polybutadience)** வகை எரிபொருள்களும் ஏவூர்திகளில் கையாளப்படுகின்றன. (காண்க: அட்டவணை 12 : 1)

சில திண்ம எரிபொருள்களும் ஏவூர்திகளும்		
திண்ம உந்து எரிபொருள்	பயன்படுத்தப்பட்ட ஏவூர்தி ஏவுகணை	நாடு
பாலி-யூரிதேன்/அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	போலாரிஸ் ஏ - 3 முதல் கட்டம்	அமெரிக்கா
நைட்ரோ செல்லுலோஸ் நைட்ரோ கிளிசரின்/ அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	போலாரிஸ் ஏ - 3இன் இரண்டாம் கட்டம், மினிட்மேன்11	அமெரிக்கா
நைட்ரோ செல்லுலோஸ் நைட்ரோ கிளிசரின்/ அலுமினியம்/ அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	ஸ்கௌட்	அமெரிக்கா
பாலி-பியூட்டாடை.யீனின் பல வகைகள் அலுமினியம்/அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	எஸ்.எல்.வி-3 (SLV-3) எனும் செயற்கைக்கோள் ஏவும் விண்கலனில் முதல் இரண்டு கட்டங்கள்	இந்தியா
பாலி-வினைல் குளோரைடு/ அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	சென்டார் (Centaur) இரு கட்டங்கள்	பிரான்ஸ் இந்தியா
பாலி-வினைல் குளோரைடு/ அலுமினியம்/அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	ரோகிணி - 125, ரோகிணி - 200 மேனகா	இந்தியா
ஹைடிராக்சில் நுனி உறுப்பு கொண்ட பாலி-பியூட்டாடையீன்/ அலுமினியம்/ அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட்	பி.எஸ்.எல்.வி. இணை உந்து ஊக்கிகள் மற்றும் முதலாம், மூன்றாம்கட்டங்கள்; ஜி.எஸ்.எல்.வி. முதல் கட்டம்.	இந்தியா

அட்டவணை 12:1

பாலிவினைல் குளோரைடு **(Poly Vinyl Chloride)** தூளினை டை-அக்டைல்-தாலேட் **(Di-Octyl Phthalate)** போன்ற கரைப்பானில் இட்டுக் கலக்கி, குழம்பாக்கி, அதனுடன் ஏனையத் துணைப்பொருள்களைச் சேர்த்தால் கூழ் மாதிரி இருக்கும். அதனைப் பொறிகலனில் வார்த்துக் காற்றுலையில் கட்டியாக்கி உந்து எரிபொருள்கள் தயாரிக்கலாம். இது வெப்பத்தால் இருகு வகையைச் சேர்ந்தது ஆகும்.

ஆக்சிஜனேற்றி

மேற்கண்ட பலவகைப் பசைக் கோவை எரிபொருள்களை எரிக்கத் தேவையான ஆக்சிஜன் வழங்குவது ஆக்சிஜனேற்றி **(oxidizer)** ஆகும். இது மொத்த உந்து எரிபொருள் தண்டின் எடையில் ஏறத்தாழ 70% நிறைந்து உள்ளது.

இந்த ஆக்சிஜனேற்றியில் இருந்து அதிக அளவு ஆக்சிஜன் வெளிப்படும். மேலும் ஆக்சிஜனேற்றி சிறிதளவே ஆற்றல் ஏற்று மிகை வெப்பத்துடன் சிதைவுற வேண்டும். இதற்கென ஆக்சிஜனேற்றியின் வெப்பம் உருவாதல் **(Heat of Formation)** குறைந்து இருக்கவேண்டும். ஆக்சிஜனேற்றப் பொருள் அடர்த்தி மிகுந்தும் இருக்க வேண்டும்; வெப்பம், அதிர்ச்சி போன்ற சூழ்நிலைகளில் ஊறு விளைவிக்காததாகவும் இருக்கவேண்டும். ஈரத்தை ஈர்க்கும் திறன் குறைந்ததாக இருக்கவேண்டும். எளிதில் கிடைக்கக் கூடியதாகவும், பாதுகாக்கப்படத் தக்கதாகவும், கிடங்கில் நீண்டகாலம் சேமித்து வைக்கப்படும்போது தரம் குன்றாததாகவும் அமைய வேண்டும். இதன் எரிவினைப் பொருள்கள், மூலக்கூறு எடை குறைந்தனவாகவும், அரிப்புத் தன்மை, நச்சுத் தன்மை அற்றவையாகவும் இருக்க வேண்டும்.

உலோக எரிபொருள்

திண்ம உந்து எரிபொருள்களில் வெப்ப ஆற்றலை மிகைப்படுத்த ஏறத்தாழ 10-20% எடை உலோக எரிபொருள் சேர்க்கப்படுகின்றது. இவை எரியும் போது மிகுதியான வெப்பம் வெளிப்படும். ஏவூர்தியின் குறைந்த பருமனில் மிகுந்த எடை எரிபொருள் நிரப்புவதற்கு வசதியாக அடர்த்தி மிகுந்ததாக இருக்கவேண்டும். எளிதில் கிடைக்கக் கூடியவையாகவும் இருக்கவேண்டும். எரிவினைப் பொருள்கள் நச்சுத்தன்மை அற்றவையாக இருக்கவேண்டும்.

அலுமினியம், மக்னீசியம், பெரிலியம் முதலியன குறிப்பிடத்தக்க சில உலோக எரிபொருள்கள் ஆகும். எனினும் அலுமினியம் மட்டும் இன்று பெரும்பாலான ஏவூர்திகளில் பயன்படுகின்றது. அதுவும் 10 மைக்ரோமீட்டர் அளவிலான தூள் வடிவில் கையாளப்படுகின்றது.

இணக்கி (Plasticizer)

பசைக் கோவையின் பாகுத்தன்மையைக் குறைத்து ஒழுகு திறனைப் பெருக்கி இணங்கச் செய்தால் மட்டுமே அதில் ஏனையத் திண்மப் பொருள்களைச் சேர்த்துக் கலக்க இயலும். இத்தகைய இணக்கிகளாக டை-அக்டைல் தாலேட், டை-அக்டைல் அடிப்பேட் **(Di-Octyl Adipate)**, டை-பூட்டைல் தாலேட் **(Di-Butyl Phthalate)**, டை-பியூட்டைல் செபாக்கேட் **(Di-Butyl Sebaccate)** போன்ற எஸ்ட்டர் **(ester)** வகைச் சேர்மங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்கள்

எரிபசையுடன் வினைபுரிந்து அதைக் கெட்டியாக்க, குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. பன்கூறுப் பசைப் பொருளின் வேதியியற் பண்புக்கு ஏற்ப அதனோடு குறுக்கு வினைபுரியும் வேதியியற்பொருள்களும் வேறுபடும். 'கார்பாக்சி' **(Carboxy)** எனும் வேதித்தொகை கொண்ட பன்கூறுப் பொருளுக்கு ஈப்பாக்சைடு **(Epoxide)** மற்றும் அசிரிடினைல் **(Aziridinyl)** வேதியியற் பொருள்களே சிறந்த குறுக்கு இணைப்புப் பொருட்கள். ஹைடிராக்சில் **(Hydroxyl)** எனும் ஆல்ககால் இனம் சார்ந்த வேதியியற்தொகையினை மூலக்கூறு நுனிகளில் சுமக்கும் பன்கூறுப் பொருள்களும் உண்டு. இவற்றுக்கு 'ஐசோ சயனேட்டு' **(Isocyanate)** வகை குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்களே பொருத்தமானவையாகும்.

வினையூக்கி

இது பசைக் கோவையின் குறுக்கிணைப்பு வினையை விரைவுபடுத்தப் பயன்படும் துணைப் பொருள் ஆகும். இது உந்து எரிபொருளின் வகைக்கேற்ப வேறுபடும்.

எரிவேகம் மாற்றி

ஏவூர்தியின் பயனைப் பொறுத்து உந்து எரிபொருளின் எரிவேகத்தை கூட்டவோ, குறைக்கவோ வேண்டியிருக்கும். அதற்காக எரிபொருளில்

முறையே இரும்பு ஆக்சைடு **(Iron oxide)** போன்ற எரிவேக முடுக்கி **(burning rate accelerator)** அல்லது லித்தியம் ஃபுளூரைடு **(Lithium Fluoride)** போன்ற எரிவேக ஒடுக்கி **(burning rate retarder)** சிறிய அளவில் சேர்க்கப்படும். இது எரிபொருளின் மொத்த எடையில் ஏறத்தாழ 2%க்கும் குறைவாகவே இருக்கும்.

செயலி உதவி

ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள் தயாரிப்பின்போது உந்து எரிபொருள் கலவை எளிதில் ஒழுகும் குழம்புநிலை அடைய உதவுவது செயலி உதவிப்பொருள் ஆகும். முட்டை, சோயா பீன்ஸ் போன்றவற்றில் இருந்து பெறப்படும் லெசித்தின் **(Lecithin)** என்னும் ஒருவகைப் புரதக் கொழுப்பு இதற்குரிய சிறந்த எடுத்துக்காட்டு ஆகும். எரிபொருளின் எடையில் 1% அளவில் இதனைக் கலப்பது உண்டு.

நிலைப்பான்

ஏவூர்தி எரிபொருளைக் கிடங்கில் பாதுகாக்கும்போது அது எந்த விதமான சீர்கேடும் அடையாமல் இருக்க அவற்றுடன் நிலைப்பான்கள் கலக்கப்படும்.

திண்ம எரிபொருள் தயாரிப்பின் அனைத்து நிலைகளிலும் அனைத்துப் பொருள்களிலும் தரைக் கட்டுப்பாட்டு ஆய்வுகள் நடத்தப்படுகின்றன. அவற்றுள் வேதியியல், இயந்திரவியல், எக்ஸ்-கதிர் மற்றும் நுண்ணலை ஆய்வுகள் அடங்கும்.

தயாரிப்பு நிலைகள்

வெப்பத்தால் இறுகும் எரிபொருள்களை 60°–80°C வரையிலான வெப்பநிலையிலும், வெப்பத்தால் நெகிழும் எரிபொருள்களை ஏறத்தாழ 170°C வரையிலான உயர் வெப்பநிலையிலும் வேக வைப்பதுண்டு.

மேலும் வார்ப்பு முறையில் தயாராகும் எரிபொருள் தண்டு தனித்த நிலையிலோ **(free-standing grain)**, பொறி கலனுக்குள் ஒட்டியவாறோ **(case-bonded grain)** உருவாக்கப்படுகிறது. தவிர, எரிபொருள் தண்டினை வெப்ப உலையில் பதப்படுத்தி வேக வைத்த பின்னர் அச்சிலிருந்து தனியே எடுத்துத் தேவையான ஏவூர்தி கலன்களில் அடைத்து நிரப்புவதும் உண்டு.

இவ்வாறு தயாரிப்பு நிலைகளில் எரிபொருளின் தன்மைகளுக்கு ஏற்பத் தகுந்த மாற்றங்கள் செய்யப்படுகின்றன. இத்தயாரிப்பு நிலையங்களில்

பயன்படுத்தப்படும் அரைவை எந்திரங்கள், கலவை எந்திரங்கள், காற்றுலைகள், எடைக் கருவிகள், அழுத்த அளவிகள், வெப்ப அளவிகள் ஆகிய அனைத்துக் கருவிகளும் மிக நம்பகம் ஆனவையாகும்.

ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்கள் காற்றில்லா வெற்றிடத்திலும், நீருக்கு அடியிலும்கூடத் தீப்பற்றக் கூடியவை. அதீத வெப்பமும், சுடரும் வெளிவிடும், ஆற்றல் மிக்கவையாதலால் ஊறும் நேரலாம். அதனால் இவற்றைத் தயாரிப்பதிலும், கையாளுவதிலும், இடம்விட்டு வேறோர் இடத்திற்குக் கொண்டு செல்வதிலும் பாதுகாப்பு விதிமுறைகள் மிகக் கவனமுடன் பின்பற்றப்படவேண்டும்.

நம்நாட்டில் திருவணந்தபுரத்தின் விக்கிரம் சாராபாய் விண்வெளி மையத்தி ஸ்ரீஹரிகோட்டாவில் சத்தீஷ் தவான் விண்வெளி மையத்திலும் இம் முறையில் திண்ம உந்து எரிபொருள்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

ஈரியல் திருத்திய இரட்டைப்பசை எரிபொருள்

நைட்ரோ செல்லுலோஸ், நைட்ரோகிளிசரின் ஆகிய இரட்டைப் பசை எரிபொருள்களுடன் திண்ம நிலையிலுள்ள அம்மோனியம் பெர்க்குளோரேட் - அலுமினியம் தூள் கலந்து ஈரியல் திருத்திய இரட்டைப்பசை எரிபொருள்கள் வார்ப்பு முறையில் தயாரிக்கலாம். இவை இயல்பில் மிகச் சிறந்தனவும், ஆற்றல் மிக்கனவும் ஆகும். ஆனால் இந்தத் தயாரிப்பு முறை மிகவும் ஆபத்தானது.

2. நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள் (Liquid Propellants)

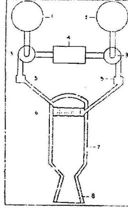
பலவகை திண்ம நிலை எரிபொருள்களைப் போலல்லாமல், நீர்ம எரிபொருள்களில் எரிதிரவமும் ஆக்சிஜனேற்றியும் தனித்தனி அறைகளில் பத்திரப்படுத்தப்பட்டு இருக்கும். சுவை தேவைக்கேற்ற விகிதாச்சார அடிப்படையில் கனற்சி அறைக்குள் செலுத்தப்படும்.

ஏவூர்திப் பொறி அமைப்பு

எரிபொருளையும் ஆக்சிஜனேற்றியையும் விசையுடன் கனற்சி அறைக்குள் செலுத்தும் நீர்ம உந்து பொறி அமைப்பைப் படம் 12 : 4இல் காணலாம்.

நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் அடிப்படைத் தேவை

இவை உயர் ஒப்பு விசை எண் உடையனவாக இருக்கவேண்டும். இதன் எரிவினைப் பொருள்களின் மூலக்கூறுகள் எடை குறைந்தும், எரியும்போது



1. எரிபொருள் கொள்கலன்
2. ஆக்சிகரணி கொள்கலன்
3. ஏற்றிகள்
4. சுழலி
5. பாய்வுக் கட்டுப்பாடு
6. உட்செலுத்தி
7. கனற்சி அறை
8. கூம்புக்குழாய்

படம் 12.4: நீர்ம உந்து பொறி

மிகு வெப்பநிலை வெளியிடுமாறும் இருக்கவேண்டும். உயர் அடர்த்தி எண் உடையதாகவும், சீராக எரியக் கூடியவையாகவும், வெப்பத்தை எளிதில் கடத்துபவையாகவும், சாதாரண வெப்பநிலையில் ஆவி ஆகாதவையாகவும், குறைந்த உறைநிலையும், குறைந்த பாகுநிலையும் உடையனவாகவும், சாதாரண வெப்ப நிலைகளில் எளிதில் தீப்பிடிக்காதவையாகவும், நச்சுத்தன்மை, அரிக்கும் தன்மை அற்றனவாகவும் இருக்கவேண்டும். உள் நாட்டில் எளிதில் குறைந்த விலையில் கிடைக்கக் கூடியதாகவும் இருக்க வேண்டும்.

இந்த நீர்ம எரிபொருள்களை இருபெரும் பிரிவுகளாக வகுக்கலாம். அவை ஒரு நீர்ம ஒருந்து எரிபொருள்கள் (**Monopropellants**), நீர்ம ஈருந்து எரிபொருள்கள் (**Bi - Propellants**) என்பனவாகும்.

(அ) நீர்ம ஒருந்து எரிபொருள்கள் (Liquid Monopropellants)

இவை காண்பதற்கு ஒரே நீர்மமாகத் தோற்றமளிக்கும். இவை சாதாரண வெப்பநிலையில் சேமிக்கத் தக்கனவாகும். இவற்றிலும் இரண்டு வகை உண்டு.

ஓரியல் நீர்ம எரிபொருள்கள்

இவ்வகை எரிபொருள்கள் தம்மைத்தாமே எரித்துக்கொள்ளத் தேவையான ஓரளவு ஆக்சிஜனை உள்ளடக்கியனவாக இருக்கும். சான்றாக, ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடு (**Hydrogen peroxide**) என்னும் எரிபொருள் கால்சியம் பெர்மாங்கனேட் (**Calcium permanganate**) தடவிய ஆலண்டம் வில்லைகள் மீது செலுத்தப்படும்போது தீப்பற்றிக் கொள்ளும். நைட்ரோ

மீத்தேன் (**Nitro methane**), எத்திலின் ஆக்சைடு (**Ethylene oxide**), நைட்ரோ கிளிசரின் ஆகியனவும் இவ்வகை ஓரியல் நீர்ம எரிபொருள்களேயாகும்.

மிகுதியான அழுத்தத்தினாலோ, வெப்பத்தினாலோ மட்டும் அன்றி, வினையூக்கி மீது பீச்சப்படுவதால் சிதைவுற்றுச் சிறிய மூலக்கூறுகளாகப் பிரியக்கூடிய நீர்ம எரிபொருள்களும் உண்டு. சான்றாக, ஹைட்ரசீன் (**Hydrazine**) என்ற எரிபொருள் ஏறத்தாழ 500°C வெப்பத்தில், இருபது மடங்கு காற்றழுத்தத்திலோ, இரிடியம் எனும் உலோகத்தின் மீது செலுத்தப் படும்போதோ நைட்ரஜன், அம்மோனியா, ஹைட்ரஜன் வளிமங்களாகச் சிதைவுறுகிறது.

கூட்டு நீர்ம எரிபொருள்கள்

ஒரே நீர்மமாகத் தோற்றமளிக்கும் இரு கூட்டுப்பொருள்களின் கலவை யும் ஒரு நீர்ம உந்து எரிபொருள் ஆகும். இரண்டாம் உலகப் போரின்போது ஜெர்மானியரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட 'மைரால்' (**Myral**) கூட்டு எரிபொருள் மீத்தைல் நைட்ரேட், மெத்தனால் இவற்றின் கலவையேயாகும்.

மீத்தைல் ஆல்ககாலும், ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடும் சேர்ந்த கலவை, நீர்ம அம்மோனியாவும் அம்மோனியம் நைட்ரேட்டும் சேர்ந்த கலவை ஆகியவை பிற எடுத்துக்காட்டுகள் ஆகும்.

(ஆ) நீர்ம ஈருந்து எரிபொருள்கள் (Liquid Bi-propellants)

எரிபொருளும், எரிக்கும் பொருளும் ஆகிய இரண்டுமே நீர்ம நிலையில் உள்ளவை. இவற்றிலும் பலவகை உண்டு.

சேமிக்கத்தகும் நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள் (Earth Storable Propellants)

சாதாரணக் காற்றழுத்தத்தில் ஏறத்தாழ 25° – 70°C வெப்பநிலையில், 2–5 ஆண்டுகாலம் வரை கெடாமல் பாதுகாப்பாகச் சேமிக்கத் தகுந்த நீர்ம எரிபொருள்கள் இவ்வகையுள் அடங்கும்.

காசோலின், 'ஆர்.பி.1' (**RP-1**) எனப்படும் தூய்மையாக்கப்பட்ட (**Refined Reprocessed**), மண்ணெண்ணெய் ஹைட்ரசீன், மீத்தைல் ஹைட்ரசீன், சீரற்ற டைமீத்தைல் ஹைட்ரசீன் (**Unsymmetrical Di-Methyl Hydrazine**) போன்ற வகை ஹைட்ரசீன்கள், சில போரான் ஹைட்ரைடுகள், ஆல்ககால் இன எரிபொருள்கள் ஆகியவை சேமிக்கத்தகும் நீர்ம எரிபொருள்களாவன.

இவற்றை எரிக்கத் தேவையான வெண்புகை நைட்ரிக் அமிலம் **(White Fuming Nitric Acid)**, செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம் **(Red Fuming Nitric Acid)**, நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு **(Nitrogen Tetroxide)** ஆகியவை

சில நீர்ம உந்து எரிபொருள்களும் ஏவூர்திகளும்

நீர்ம உந்து எரிபொருள்	பயன்படுத்தப்பட்ட ஏவூர்தி, ஏவுகணை	நாடு
ஆர்.பி-1/நீர்ம ஆக்சிஜன்	அட்லஸ், ஜுபிடர், டைட்டான்-1 இவற்றுடன் சாட்டர்ன் முதல் கட்டம்	அமெரிக்கா
நீர்ம ஹைட்ரஜன்/ நீர்ம ஆக்சிஜன்	கொலம்பியா விண்வெளி ஓடம், ஜி.எஸ்.எல்.வி மூன்றாம் கட்டம்.	அமெரிக்கா, இந்தியா
75% ஈத்தைல் ஆல்ககால்/ நீர்ம ஆக்சிஜன்	வி-2 (V-2)	ஜெர்மன்
எரோசீன் எனும் 50% சீரற்ற டை-மீத்தைல் ஹைட்ரசீனும் 50% ஹைட்ரசீனும் சேர்ந்த கலவை/ நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு	டைட்டான் - II	அமெரிக்கா
சீரற்ற டை-மீத்தைல் ஹைட்ரசீன்/ செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம்	அட்லஸ், அஜினாவின் மேல் கட்டங்கள்	அமெரிக்கா
மண்ணெண்ணெய் / நீர்ம ஆக்சிஜன்	சோயுஸ்	ரஷ்யா
ஹைட்ரசீன்	SLV-3இன் 3ஆம் கட்டத்தின் துணை உந்துப் பொறி	இந்தியா
ஹைட்ரசீன் / செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம்	SLV-3இன் 2ஆம் கட்டத்தின் துணை உந்துப் பொறி	இந்தியா
ஹைட்ரசீன்	ஆப்பிள் செயற்கைக்கோள்	இந்தியா
சீரற்ற டை-மீத்தைல் ஹைட்ரசீன்/ நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு	பி.எஸ்.எல்.வி., ஜி.எஸ்.எல்.வி. இரண்டாம் கட்டம்	இந்தியா
சிறப்பு மோனோ மீத்தைல் ஹைட்ரசீன் / சிறப்பு நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு	பி.எஸ்.எல்.வி. நான்காம் கட்டம்	இந்தியா

அட்டவணை 12:2

சிறந்த ஆக்சிஜனேற்றிகள் ஆகும். மேற்கண்ட ஏதேனும் ஓர் எரிபொருளுடன் ஓர் ஆக்சிஜனேற்றியைக் கலந்து பல ஈருந்து எரிபொருள் அமைப்புகளை உருவாக்கலாம். (அட்டவணை 12 : 2)

அதிகுளிரிய நீர்ம எரிபொருள்கள் (Cryogenic Liquid Propellants)

இவை நீர்மமாக்கப்பட்ட ஹைடிரஜன் (20 பாகை கெல்வின்) மற்றும் ஆக்சிஜன் (90 பாகை கெல்வின்) வளிமங்களாகும். இவற்றின் கொதிநிலை பனிக்கட்டி உருகுநிலையைவிட முறையே 253 பாகை மற்றும் 183 பாகை அளவுகள் தாழ்வானதாகும். இவற்றை மிகைக்குளிர் நீர்ம எரிபொருள்கள் என்றும் வழங்குவர்.

பகுதி குளிரிய நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள் (Semi-Cryogenic Liquid Propellants)

இவ்வகையில், எரிபொருள் மற்றும் ஆக்சிஜன் ஆகிய இரண்டில் ஏதேனும் ஒன்று மட்டும் குறை குளிர்தரு திரவமாக இருக்கவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, 'ஆர்.பி.1' எனப்படும் மண்ணெண்ணெய் இன எரிபொருளுடன் நீர்ம ஆக்சிஜனைப் பயன்படுத்தலாம்.

இவையன்றி, இரு நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் கலப்பினால் நிகழும் விளைவைப் பொறுத்தும் இவற்றை இருவகைப்படுத்தலாம். அவை, உடன் தீப்பற்றும் கலவை, உடன் தீப்பற்றாத கலவை என்பனவாகும்.

உடன் தீப்பற்றும் கலவை (Hypergolic mixture)

எரிபொருளும், ஆக்சிஜனேற்றியும் மோதிக் கலந்த கணத்திலேயே ஏறத்தாழ ஒரு வினாடியின் ஆயிரத்தில் 50 ஒரு பங்கு நுண்கால அளவுக் குள்ளாவே தானாகத் தீப்பற்றிக்கொள்ளும் உந்து எரிபொருள் கலவை இது. ஹைட்ரசீன் - 90% ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடு, ஹைட்ரசீன் - செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம், அனிலின் - செம்புகை நைட்ரிக் அமிலம், சீரற்ற டைமீத்தைல் ஹைடிரசீன் - நைட்ரஜன் டெட்ராக்சைடு போன்ற கலவைகள் உடன் தீப்பற்றும் நீர்ம ஈருந்து எரிபொருள்கள் ஆகும்.

உடன் தீப்பற்றாக் கலவை (Non-hypergolic mixture)

பெட்ரோல் வகை திரவ எரிபொருளுடனோ, அம்மோனியாவுடனோ நீர்ம ஆக்சிஜன் கலந்தால் அவை உடனே தீப்பற்றிக் கொள்வதில்லை.

இக்கலவைக்கு எரியூட்ட வேறு ஏதேனும் ஒரு அனல் நுட்பம் தேவை. இதற்கென கனல் நுட்ப எரியூட்டிகளோ, மின்பொறிக் கருவிகளோ, முன்னதாகவே எரியூட்டிய வெப்ப எரிவினைப் பொருளோ, ஏதேனும் ஒரு வினை ஊக்கியோகூடப் பயன்படுத்தப்படலாம்.

திண்ம - நீர்ம உந்து எரிபொருள்களின் ஒப்பீடு

நீர்ம எரிபொருள்களின் ஒப்புவிசை எண், திண்ம எரிபொருள்களின் ஒப்புவிசை எண்களைவிட அதிகமாகும்.

நீர்ம எரிபொருள் தயாரிப்பிலோ பல்வேறு நிலைகள் இல்லை. அதனால் திண்ம எரிபொருள் தயாரிப்பைவிடச் சற்று இலகுவானது. மேலும் திண்ம எரிபொருள் நிறைத்த ஏவூர்திப் பொறியை இயக்கியபின், கட்டுப்படுத்தவோ நினைத்தபடி நிறுத்தவோ இயலாது. ஆனால் நீர்ம எரிபொருள்களின் அளவை, ஒருவழித் திறப்பான் உதவியால் ஏவூர்திப் பொறியைக் கட்டுப்படுத்த இயலும். தேவைக்கேற்ப அதன் இயக்கத்தை நிறுத்தவும் செய்யலாம். இத்தகைய சிறப்புகள் கொண்டிருந்தாலும் நீர்ம உந்து எரிபொருள் அமைப்பில் சில குறைகளும் உள்ளன.

பொதுவாக நீர்ம எரிபொருள்கள், திண்ம எரிபொருள்களைவிட அடர்த்தி குறைந்தவை. நீர்ம உந்துப் பொறியில் எரிபொருளும் ஆக்சிஜனேற்றியும் ஏவூர்திக்குள்ளேயே தனித்தனிக் கலன்களில் நிறைத்து வைக்கப் படவேண்டும். அதனால் எரிபொருள் கொள்கலன்கள், ஒருவழித் திறப்பான்கள், கழலிகள், எக்கிகள், போக்குக் குழாய்கள், உட்செலுத்திகள் போன்ற பல துணைக்கருவிகள் ஏவூர்தியின் எடையைப் பெருக்கிப் பயனைக் குறைத்து விடுகின்றன. அத்துடன் நீர்ம எரிபொருள் கோவையின் அமைப்பு, திண்ம எரிபொருள் பொறியமைப்பைவிடச் சிக்கலானது.

நீர்ம எரிபொருள்களைக் கிடங்கில் பத்திரமாகப் பாதுகாப்பதில் பல்வேறு பிரச்சினைகள் உள்ளன. அவற்றின் ஆவி பொதுவாக நச்சுத்தன்மையும் அரிக்கும் தன்மையும் கொண்டது. அதனாலேதான் முழு உருப்பெற்ற ஏவூர்தி செலுத்தப்படுவதற்குச் சில மணி நேரத்துக்கு முன்னர் தான் நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள் ஏவுகலனுக்குள் நிரப்பப்படுகின்றன.

மேலும் திண்ம ஏவூர்திப் பொறித் தயாரிப்பைவிட, நீர்ம ஏவூர்திகளைக் கட்டமைப்பதற்கு அதிக அளவில் மனித உழைப்பும், ஆற்றலும், காலமும் தேவைப்படும்.

ஏதாயினும் கொலம்பியா, டைட்டான், பி.எஸ்.எல்.வி., ஜி.எஸ்.எல்.வி போன்ற பெரும்பான்மை ஏவூர்திகளின் முதல் கட்டத்தில் திண்ம உந்து எரிபொருள்களே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

3. கலப்பு நிலை உந்து எரிபொருள்கள் (Hybrid Propellants)

இவ்வகை உந்து எரிபொருள்களால் இயங்கும் ஏவூர்திப் பொறிகளில், எரிபொருள், ஆக்சிஜனேற்றி ஆகியவற்றில் ஏதேனும் ஒன்று திண்ம நிலை யிலும், மற்றொன்று நீர்ம நிலையிலும் இருக்கும்.

ஏற்கெனவே குறிப்பிட்ட திண்மநிலை உந்து எரிபொருளில் ஆக்சிஜனேற்றி இடம் பெறாத நிலையில், அதில் நெகிழி **(Plastic)** போன்ற எரி பொருளுடன் அலுமினியத் தூள் மட்டும் கலந்து இருக்கும். இத்தகைய திண்ம எரிபொருள் அறையினுள், நைட்ரிக் அமிலம் அல்லது நைட்ரஜன் பெராக்சைடு போன்ற ஏதேனும் ஒரு நீர்ம ஆக்சிஜனேற்றியைச் செலுத்தினால், அது உடனே தீப்பற்றும். இந்த எரிவினையின்போது வெப்பமும், அழுத்தமும் மிகுந்த வளிமங்கள் வெளிப்படும். இவை புறக்கூம்புக் குழல் வழியே வேகமாக வெளியேற்றப்படுவதால் ஏவூர்திக்கு உந்துவிசை பெறப்படுகிறது.

13

ஏவூர்திப் பொறி நுட்பம்

ஏவூர்தியை விசையோடு உந்தித் தள்ள உதவும் திறன்மிக்க முதன்மை யான மைய உறுப்பே ஏவூர்திப் பொறி **(Rocket Engine)** ஆகும். ஏவூர்திகளில், பொதுவாக வேதியியல் ஆற்றல், அணுக்கரு ஆற்றல், மின்னாற்றல், சூரிய ஆற்றல் போன்ற ஏதேனும் ஓர் ஆற்றலை உருவாக்கும் பொறி கட்டமைக்கப் படும்.

உலக அளவில் அனைத்து ஏவுகலன்களிலும் வேதியியல் உந்து எரி பொருள்களே ஆற்றல் மூலமாகும். இவற்றின் எரிவினையின் போது வேதியியல் ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படும். அவ்வினையின் போது வெளிப்படும் அழுத்தம் மிக்க வெப்ப வளிமங்கள் புறக்கூம்புக் குழல் வழியாகச் சீற்றமுடன் வெளியேற்றப்படும். இதுவே ஏவூர்திக்குப் போதிய விரைவாற்றல் ஊட்டுகிறது.

ஏவூர்திப் பொறியின் பகுதிகள்

ஏவூர்திப் பொறியைத் தள்ளுவிசைக் கலன் **(Thrust Chamber)** என்றும் குறிப்பிடுவர். இதில் கனற்சி அறை **(Combustion Chamber)**, புறக்கூம்புக் குழல் **(Nozzle)** ஆகிய இரண்டு பகுதிகள் முக்கியமானவை.

கனற்சி அறை

பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் 'மரபுக் கனற்சி அறை'யின் **(Conventional Combustion Chamber)** புறப்பகுதியில் குவிந்து விரியும் கூம்புக்குழல் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். இந்தக் குவி - விரிகுழலின் குறுகலான நடுப் பகுதியே கூம்புக்குழல் தொண்டை **(Nozzle throat)** எனப்படும்.

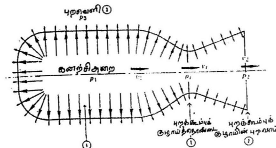
கனற்சி அறைக் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு, அனந்தம் (முடிவிலி) ஆக இருப்பின் சீரிய கனற்சி அறை **(Ideal Combustion Chamber)** என்றும், கூம்புத் தொண்டைப் பரப்பளவே உடையதாயின் 'நேரியக் கனற்சி அறை' **(Straight Combustion Chamber)** என்றும் குறிப்பிடப்படும்.

திண்ம, நீர்ம அல்லது கலப்பின உந்து எரிபொருள்கள் எரிக்கப்படும் ஏவூர்திப் பொறியினுள் ஏறத்தாழ 3000° வெப்பநிலையும் புவிக் காற்றழுத்தத்தைப் போல் 60–70 மடங்கு உயர்வான உள் அழுத்தமும் உருவாகும் எனக் கண்டோம். இவ்வெப்ப வளிமங்கள் கூம்புக்குழலின் தொண்டை வழியே கடந்து விரிவடைந்து புறவெளியைச் சென்றடையும். அவற்றின் வெப்பநிலையும், அழுத்தமும் சீராகக் குறைந்துகொண்டே வந்தாலும், வேகம் மட்டும் உயர்ந்து கொண்டே இருக்கும். அதேவேளையில் அவ்வளிமங்கள் சீறி வெளியேறும் 'நிறை பாய் வேகம்' (mass flow rate) மட்டும் கனற்சி அறைக்குள்ளிலிருந்து புறவாய் வரை ஒரே சீரான அளவாகவே அமைகிறது.

இவ் எரிபொருளின் இந்த நிறை பாய் வேகத்தைச் சீரான அதன் புறவாய் வேகத்தால் பெருக்கி வரும் மதிப்பின் அளவே உந்துமத் தள்ளுவிசை **(Momentum thrust)** ஆகும்.

கூம்புக்குழலின் புறவாய் அழுத்தத்திற்கும் வெளிப்புற அழுத்தத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாட்டைப் புறவாய்ப் பரப்பால் பெருக்கிவரும் தொகையே அழுத்தத் தள்ளுவிசை **(Pressure thrust)** அளவாகும்.

உந்துமம் மற்றும் அழுத்தம் சார்ந்த இவ்விரு தள்ளுவிசைகளும் சேர்ந்தே ஏவூர்திக்கு முழுத் தள்ளுவிசையை அளிக்கின்றன. (படம் 13 : 1)



தள்ளுவிசைக் கலனின் வெவ்வேறு பகுதிகளில்
வளிம அழுத்தங்கள், விரைவுகள்

படம் 13.1: கனற்சிக் கலன் செயற்பாடு

இதைப் பின்வரும் சமன்பாட்டால் குறிப்பிடலாம்.

தள்ளுவிசை = உந்துமத் தள்ளுவிசை + அழுத்தத் தள்ளுவிசை.

$$F = \dot{m}v_2 + (p_2 - p_3) A_2$$

F = தள்ளுவிசை.

$\dot{m}$ = எரிபொருள் நிறை பாய் வேகம் = $\frac{\text{எரிபொருள் நிறை } (\dot{m})}{\text{எரிகாலம் } (t)}$

p_2 = புறவாய் அழுத்தம்.

p_3 = புற அழுத்தம்.

கூம்புக் குழல்

கனற்சியிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் வளிமங்களின் அழுத்தம், அடர்த்தி, வெப்பநிலை ஆகியன குறைந்து வரும் வேளையில் வேகம் மட்டும் உயர்ந்து கொண்டே வருவதைத்தான் கூம்புக் 'குழாய்வினை' **(Nozzling)** என்கிறோம்.

இதில் புறவாய் அழுத்தம் (p_2), புற அழுத்தத்தினும் (p_3) கூடுதலாக இருப்பின் வளிமங்கள் மிகையாக விரிவடையும். அவ்வாறே புறவாய் அழுத்தம், புற அழுத்தத்திலும் குறைவாக இருப்பின் அவை குறைவாக விரிவடையும். அன்றி இவ்விரண்டு அழுத்தங்களும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருப்பின், அந்நிலையில் அழுத்தத் தள்ளுவிசையின் பங்களிப்பே இருக்காது. இந்நிலையே 'மிகுபயன் விரிவடைதல்' **(Optimum expansion)** எனப்படும்.

இந்நிலையில், தள்ளுவிசையினை நிறை பாய் விகிதத்தினால் வகுத்துப் பெறுவதே எரிபொருளின் ஒப்பு விசை எண் **(specific impulse, Isp)**. இந்த எண்ணே ஏவூர்தி இயக்கத்திற்குரிய 'பலன்தரு வெளியேற்ற விரைவு' **(effective exhaust velocity)** ஆகும். ஆயினும், இதனைப் புவி ஈர்ப்புவிசை முடுக்கத்தினால் வகுத்துப் பெறப்படும் வெறும் நொடி அளவுகளிலேயே இவ்வெண் சுட்டப்படும்.

டி - லேவல் கூம்புக்குழல்

பெரும்பாலான ஏவூர்திப் பொறிகளில் பயன்படும் கூம்புக்குழல் குவிந்தும், புகைபோக்கிப் புனல்போல விரிந்தும் காணப்படும். முதன்முதலில் இதனை வடிவமைத்த ஸ்வீடன் நாட்டுப் பொறியியலாளரின் பெயரால் இது 'டி லேவல் கூம்புக்குழல்' என்று சுட்டப்படுகிறது. பெரும்பாலும் கூம்பின் அரைக்கோணம் ஏறத்தாழ 12° – 18° அளவாகும்.

மணி வடிவக் கூம்புக் குழல்

புறவாய்ப் பரப்பிற்கும், தொண்டைப் பரப்பிற்கும் இடையே உள்ள விகிதமே புறக் கூம்புக்குழல் விரிபரப்பு விகிதம் **(Nozzle Expansion Ratio)** எனப்படும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட விரிபரப்பு விகிதம் கொண்ட கூம்புக் குழலால் மட்டுமே ஏவூர்தியின் பயன் மிகுதியாக இருக்கும். இவ்விகிதமே ஏவூர்தியின் மிகுபயன் விரிபரப்பு விகிதம் **(Optimum Expansion Ratio)** ஆகும். இதே விகிதம் கொண்ட சாதாரணக் கூம்புக் குழலின் நீளத்தை மட்டும் குறைத்து, ஆலய மணிபோல தொண்டைப் பகுதியிலிருந்து 60° விரிந்து, புறவாய் விளிம்பில் மீண்டும் ஒடுங்கி 2° – 8°க்குள் சமனப்பட்டுவிடும் வடிவமைப்பாலும் ஏவூர்திப் பொறி இயக்கத்தில் மிகுபயன் பெறலாம்.

இம்மணிவடிவக் கூம்புக் குழாயின் நீளம் குறைக்கப்படுவதால் அதன் எடையும் குறையும். ஏவூர்தியின் ஜடத்துவ **(inert)** எடைக் குறைப்பு அதன் பொறித் திறனைக் கூடுதலாக்கும்.

செருகுக் கூம்புக் குழல்

மணிவடிவக் கூம்புக் குழல் நடுவே முறுக்காணி போன்ற செருகு அமைப்பு பொருத்தப்படுவதால், ஏவூர்திப் பொறி உருவாக்கும் தள்ளுவிசைத் திசையைக் கட்டுப்படுத்த இயலும்.

தள்ளுவிசைக் கட்டுப்பாடு

கூம்புக் குழலின் நடுவில் அசையுமாறு வைக்கப்பட்ட நடுச் செருகள் அல்லது கூம்புக்குழல் விளிம்பில் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்ட தாரைத் தகடுகள் (jet vanes), உருண்டை வடிவத் தாரைத் தகட்டுச் சுருள்கள் (jeta vators) போன்றவற்றால் தள்ளுவிசையின் திசையில் தேவையான திருத்தங்களையும், மாற்றங்களையும் எளிதில் உண்டாக்கலாம்.

அன்றியும், கூம்புக் குழலைக் கனற்சி அறையின் பின் வாயிலில் தொங்கி அசையுமாறு வடிவமைத்தும் தள்ளுவிசைத் திசையை மாற்றலாம். இதைத் தொங்காட்டக் கூம்புக்குழல் **(gimballed nozzle)** என்பர். ஆயின் இதன் அசைவுக்குப் பதமூட்டும் வகையில் இதில் நெகிழி வளையங்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்க வேண்டும். இவை மென்மையானதும், வெப்ப வளிமங்களால் தாக்கப்படும்போது வலிமை குறையாததுமான விசேட நெகிழிப் பொருளால் ஆனவை.

மேலும், கூம்புக்குழல் சுவரில் துளைகளிட்டு அவற்றின் ஊடாக, எளிதில் ஆவியாகி அழுத்தம் ஊட்டவல்ல இரண்டாம் பாய்மத்தினை **(secondary fluid)** ஆங்காங்கே உட்செலுத்தியும் தள்ளுவிசையின் போக்கு திசையைத் திருத்த இயலும்.

ஒரு சில ஏவூர்திகளில் ஏவூர்திப் பொறிகலனே தள்ளுவிசைத் திசைக் கேற்பத் தொங்காட்டம் புரியுமாறு வடிவமைக்கப்படும். அதனைத் 'தொங்காட்டப் பொறி' என்றும் குறிப்பிடுவர். பெரும்பாலும் நீர்ம உந்து பொறிகளில் இந்த நுட்பம் கையாளப்படுகிறது.

இவையன்றி, ஏவூர்திப் பொறியினைச் சுற்றிலும் சிறிய தள்ளுவிசைப் பொறிகள் **(thrusters)** அல்லது நுண் ஏவூர்திகள் **(micro rockets)** பொருத்தப் படும். இவற்றாலும் தள்ளுவிசையின் திசைமாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்த இயலும்.

மாறுவிசை ஏவூர்திப் பொறிகள்

ஏவூர்திப் பொறி ஊட்டும் தள்ளுவிசையின் அளவைத் தேவைக்கேற்ப கூட்டவோ, குறைக்கவோ வல்ல அமைப்புகளும் இதில் உண்டு. ஆனாலும் திண்ம உந்து ஏவூர்திப் பொறிகளைக் காட்டிலும், நீர்ம உந்து ஏவூர்திப் பொறிகளில் தான் தள்ளுவிசை அளவை எளிதில் மாற்ற இயலும்.

நீர்ம உந்துப் பொறிகளில் எரிபொருள் உட்செலுத்திகளின் இயக்கத்தினை ஒவ்வொன்றாக நிறுத்துவதன் மூலம் படிப்படியாகத் தள்ளுவிசையினைக் குறைக்கலாம். ஜெர்மன் நாட்டு 'மீ - 163' **('Me – 163')** ஏவூர்திப் பொறி இதற்கான எடுத்துக்காட்டாகும்.

அன்றி, 'பொறி நெரித்தல்' **(Engine Throttling)** முறைப்படி எரிபொருள் உட்செலுத்திகளின் பரப்பளவைக் கூட்டியோ, குறைத்தோ, முன்னர் குறிப்பிட்டதுபோல கூம்பின் தொண்டைப் பரப்பை வேறுபடுத்தியோ, அதனுள் ஓர் அசையும் செருகைப் பொருத்தியோ தள்ளுவிசையைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.

வெப்பப் பரிமாற்றம்

ஏவூர்திப் பொறியின் கனற்சியினால் தள்ளுவிசை அறைச்சுவர்கள், கூம்புக் குழல்கள், உட்செலுத்திகள் போன்ற உறுப்புகள் சூடேறினால் பொறி வெப்பநிலை குறையக் கூடும். இதனால் பொறியின்திறன் குறையும். வெப்ப இழப்பூட்டும் இத்தகைய வெப்பப் பரிமாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்த பல முக்கிய வழிமுறைகள் உள்ளன.

மீளுருவாக்கக் குளிர்விப்பு (regenerative cooling)

நீர்ம உந்து எரிபொருளால் குளிர்விக்கும் முறை இது, இங்கு ஏவூர்திப் பொறியின் புறச்சுவரைச் சுற்றிலும் குளிர்விப்புக் குழல், வளையங்களாகச் சுற்றப்பட்டு இருக்கும். நீர்ம எரிபொருள் அச் சுருள் வழியே செலுத்தப்படும் போது புறச்சுவர் வெப்பம் தணியும். அதே வேளையில் வெப்பத்தால் சூடான சுருள் குழலினுள் சூடேற்ற எரிபொருள், மீண்டும் கனற்சி அறைக்குள்ளேயே செலுத்தப்படும். இதனால் பொறியூட்டும் வளிமங்களின் வேகமும் ஓரளவு (2%) உயரும். இம்முறையை மீளுருவாக்கக் குளிர்விப்பு என்பர். அமெரிக்க 'பீவைக்கிங்' ஏவூர்திப் பொறியில் இம்முறையே கையாளப்படுகிறது.

மென்படலக் குளிர்விப்பு

நீர்ம எரிபொருளைக் கனற்சி அறை உட்சுவரில் மெல்லிய படலமாக ஒழுகவிட்டும் வெப்பப் பரிமாற்றத்தைக் குறைக்கலாம். இதை மென்படலக் குளிர்விப்பு **(film cooling)** என்பர்.

வியர்ப்புக் குளிர்விப்பு

கனற்சி அறைச் சுவரை நுண்துளைகள் கொண்டதாக வடிவமைக்கலாம். அச்சுவரின் ஊடாக நீர்ம எரிபொருளை, அறை உட்பகுதியில் இருந்து வியர்வைத் துளிகளாகக் கசிய விட வேண்டும். உட்சுவரில் துளிர்க்கும் எரிபொருள், வெப்பத்தைத் தானே உறிஞ்சி ஆவியாகிவிடும். இம்முறை வியர்வைக் குளிர்விப்பு **(sweat cooling)** எனப்படும்.

குளிர்விக்கப்படாக் கலன்

மேலே குறிப்பிட்ட மூன்று முறைகளும் நீர்ம எரிபொருள் சார்ந்தவை. ஆயின் சில குளிர்விக்கப்படாக் கலன்களும் உள்ளன. அவற்றில் கனற்சி அறைச் சுவரைக் குளிர்விக்க நீர்ம எரிபொருள் போன்ற குளிர்விப்பான் பயன்படுத்தப்படுவது இல்லை. மாறாக, தள்ளுவிசைக் கலன் உட்புறம் சிர்க்கோனியம் ஆக்சைடு, அலுமினியம் ஆக்சைடு போன்ற வெப்பந்தாங்கிப் பொருள்கள் உட்பூச்சாக இடம்பெறும். இவை கதிர்வீச்சு முறையில் வெப்பத்தைக் கனற்சி அறைக்குள்ளேயே பிரதிபலிக்கவல்லவை.

அன்றியும் தீப்பற்றாத நெகிழி **(Plastic)** இன ரப்பர் போன்ற கரிமப் பொருள் ஏவூர்திப் பொறியின் உட்பூச்சாகவும் இடம் பெறலாம். இவை கனற்சி வெப்பத்தினைத் தாமே ஏற்று மெல்லத் தேய்ந்து அழிவதால்

கனற்சி அறைச் சுவர் சூடாகாதபடி பாதுகாக்கப்படுகிறது. இத்தகைய வெப்பத் தேய்வுப் பொருள்களை 'அவிபடு பொருள்கள்' **(Ablative Materials)** என்பர்.

சில ஏவூர்திப் பொறி கலன்கள், 'கெவ்லார்' **(kevlar)** எனும் கரிம இழையினாலோ, விசேடக் கண்ணாடி இழையினாலோ வலுவூட்டப்பட்ட நெகிழி, பொருள்களால் வடிவமைக்கப்படுவதும் உண்டு. இவற்றின் கூம்புக் குழல்களோ, பொதுவாகக் கரி இழை அல்லது கண்ணாடி இழையுடன் 'ஃபீனாலிக்' **(phenolic)** பிசினைச் சேர்த்து உருவான கோவைப் பொருளால் வடிவமைக்கப்படுவதும் உண்டு.

நிலைப் பரிசோதனை

இவ்விதம் தயாரிக்கப்படும் ஏவூர்திப் பொறிகளின் வீச்சுத்திறனை **(ballistic property)** நேரடியாகப் பறக்க விட்டுப் பரிசோதிக்க இயலாது. அதற்கென இயக்கமற்ற நிலையில் ஏவூர்திப் பொறியைச் சங்கிலித் தளைகளால் இறுகப் பிணைத்துக் கட்டியவாறே, எரிபொருளை எரித்து ஆய்வு செய்வர். இதுவே நிலைப் பரிசோதனை (static test) என்று குறிப்பிடப்படுவதாகும். இது ஒவ்வோர் ஏவூர்திப் பொறியின் பயன் திறனையும் கணித்து அறிவதற்குரிய மிக முக்கியமான சோதனை ஆகும்.

ஏவூர்திப் பொறியின் கனற்சி வெப்பநிலை, அழுத்தம், எரிவிரைவு, அதிர்வு போன்ற பல இயல்புகளையும் இதன்வழி அறிய முடியும்.

ஏவூர்திப் பொறிப் பயன்பாடுகள்

அனைத்து வகை ஏவூர்திப் பொறிகளும் பல்வேறு துறைகளிற் பயன் படுத்தப்படலாம்.

பலவிதச் செயற்கைக்கோள்கள் **(Satellites)**, விண்கலன்கள் **(Spacecrafts)**, விண்ணூடுருவிகள் **(Space probes)** ஆகியவற்றைச் செலுத்தும் ஏவுகலன்களிலும் **(Launch vehicles)**, போர்த் தளவாடங்களான ஏவுகணைகளிலும் **(missiles)** மற்றும் மிகையொலிவேகக் காற்றூர்திகளிலும் **(Hypersonic planes)** ஏவூர்திப் பொறிகளே முக்கிய திறன் நிலையங்களாக அமைகின்றன.

இவற்றில் பயன்படுத்தப்படும் ஏவூர்திப் பொறிகள் சிலவற்றைக் கீழே காணலாம்.(அட்டவணை 13 : 1)

அட்டவணை 13 : 1

ஏவூர்திப் பொறிப் பயன்பாட்டு வகைகள்

ஏவூர்திப்பொறி

- காற்றூர்தி - ஏவூர்திப்பொறி (Air Craft Rocket Engine)
  - ஏவூர்திச் சுழற்றி (Rocket Rotor)
    - தாரைத் துணை எடுப்பு நிலை (Jet Assisted Take-off Unit)
    - ஏவூர்தித் துணை எடுப்பு நிலை (Rocket Assisted Take-off Unit)
    - துணை எடுப்பு நிலை (Assisted Take-off Unit)
  - மிகைச் செயல்பாட்டுப் பொறி (Super Performance Engine)
  - துணைத் திறன் அமைப்பு (Auxiliary Power Unit)
  - முதல்நிலை ஏவூர்திப் பொறி (Primary Rocket Engine)
- ஆய்வூர்திப் பொறி (Research Vehicle Engine)
- ஏவுகணை ஏவூர்திப் பொறி (Missile Rocket Engine)
  - உந்தும ஊக்கிப்பொறி (Booster Engine)
  - இணை உந்து பொறி (Strap-on)
    - உந்துமத் தாங்கிப் பொறி (Sustainer Engine)
    - குறுவிசை உந்து பொறி (Cruising Engine)
  - துணைத் திறன் அமைப்பு (Auxiliary Power Unit)
  - நுண் ஏவூர்தி (Vernier or Micro Rocket)
  - வலவு ஏவூர்தி (Steering Rocket)
  - சுழற்று ஏவூர்தி (Spin Rocket)
  - எதிர்த்திசை ஏவூர்தி (Retro Rocket)

1) உந்தும ஊக்கிப் பொறி (Booster motor)

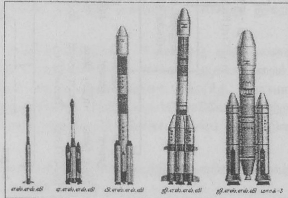
ஏவூர்தியின் முதல் கட்டப் பொறியே, அதன் முழு எடையினையும் விண்வெளி நோக்கி உயர்த்திச் செல்கிறது. திறன்மிக்க இந்தப் பொறியே 'உந்தும ஊக்கி' எனப்படும். பொதுவாக, பி.எஸ்.எல்.வி., ஜி.எஸ்.எல்.வி. போன்ற ஏவுகலன்களில் இடம்பெறும் திறன் மிக்க திண்ம எரிபொருளால் இயங்கும் முதல் கட்டம் இத்தகைய உந்தும ஊக்கி ஆகும்.

2) உந்துமத் தாங்கிப் பொறி (Sustainer motor)

உந்தும ஊக்கி ஊட்டிய விரைவுச் சக்தி அளவு குறைந்து விடாதபடி செல்லும் அடுத்த கட்டப் பொறியே 'உந்துமத் தாங்கி' ஆகும். இது பெரும்பாலும் இரண்டாம் கட்டம் ஆகும். (மிகப் பெரிய ஏவுகலன்களில் மூன்றாம், நான்காம் கட்டங்களும் இவ்வகை எனலாம்.)

3) இணை உந்து பொறி (Strap-on engine)

ஏவூர்தியின் முதற்கட்டத்திற்கு இணையாக அதனோடு ஒட்டி நின்று செயல்படும் கட்டம் இது. பொதுவாக, இங்கு முதல் கட்டத்தினோடு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இணை உந்து பொறிகள் பொருத்தப்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தை எட்டியபின் உந்தும ஊக்கியில் இருந்து இவை விடுவிக்கப்பட்டுக் கழற்றி விடப்படும். அமெரிக்காவின் **(Titan)** டைட்டன் ஏவுகணையிலும், இந்தியாவின் ஏ.எஸ்.எல்.வி. **(A.S.L.V)**, பி.எஸ்.எல்.வி **(P.S.L.V)**, ஜி.எஸ்.எல்.வி. **(G.S.L.V)** ஆகிய ஏவுகலன்களிலும் இத்தகைய இணை உந்திகள் இடம் பெறுகின்றன. (படம் 13 : 2)



படம் 13 : 2 : இணை உந்திகள் இடம்பெற்ற ஏவூர்திகள்

4) குறுவிசை உந்து பொறி (Cruising engine)

பல கட்ட ஏவுகலன் **(Multi-staged Vechicle)** அல்லது பல பொறி கொண்ட ஏவூர்தி **(Multi-engine Rocket)** தானுற்ற வழித்தடத்தில் ஆற்றல் செலவின்றிப் பறக்கும்போது, அதற்குத் தேவைப்படும் குறைந்தபட்சத் தள்ளுவிசையை உருவாக்க உதவுவதே குறுவிசை உந்து பொறி ஆகும்.

5) நுண் ஏவூர்தி (Micro rocket or vernier rocket)

ஏவூர்தித் தள்ளுவிசையினைச் சிறிதளவில் மாறுபடுத்தவோ, கூட்டவோ, குறைக்கவோ, உதவுவதே 'நுண் ஏவூர்தி' ஆகும். அமெரிக்காவின் மிகப் பெரிய 'அட்லஸ்' **(Atlas)** ஏவுகணையில் இரு உந்தும ஊக்கிகளுடன் இவ்வகை இரண்டு நுண் ஏவூர்திகள் இடம் பெறுகின்றன.

விண்வெளிப் பயணத்தின்போது சில சந்தர்ப்பங்களில் விண்கலனுக்கு வெளியே இறங்கி விண்வெளி வீரர்கள் அண்டவெளியில் மிதந்தவாறே 'புறவாகனச் செயற்பா'ட்டில் **(Extra Vehicular Activity)** ஈடுபட நேரிடும். அத்தகைய ஆய்வு முயற்சிகளின் போது வீரர்கள் தாம் அமர்ந்திருக்கும் இருக்கையிலோ, உடையிலோ பொருத்தப்பட்ட இத்தகைய நுண் ஊர்திகள் செயல்படும். இது மனிதத் திசை திருப்பு அமைப்பு **(Manned Manoeuvring Unit)** எனப்படும். இதன் உதவியால் அண்டவெளியில் அங்கிங்காக இடம் பெயரலாம்.

6) வலவு ஏவூர்தி (Steering rocket)

விண்ணூர்தியினைத் தேவைக்கேற்பத் திசை திருப்பி ஓட்ட உதவுவதே 'வலவு ஏவூர்தி'. இதனை 'ஓட்டி ஏவூர்தி' என்றும் குறிப்பிடலாம்.

7) சுழல் ஏவூர்தி (Spin rocket)

ஏவுகலன் அல்லது செயற்கைக்கோள் தன் அச்சில் உருளவும், உருளாது தடுக்கவும் பயன்படுத்தப்படும் சிறுதிறன் கொண்ட விசைப்பொறியே சுழல் ஏவூர்தி. இந்தியாவின் 'ரோகிணி வானிலை ஆய்வூர்திக'ளின் **(Rohini Sounding Rockets)** பல்வேறு கட்டங்களில் இச்சுழல் ஏவூர்திநுட்பங்கள் கையாளப் பெறுகின்றன.

8) எதிர்த் திசை ஏவூர்தி (Retrograde rocket or Retro – rocket)

பல கட்ட ஏவூர்திகளின் **(Multi-stage rockets)** பயணத்தில், இயங்கித் தீர்ந்த ஒவ்வொரு கட்டத்தின் பொறிகலனும் உடனுக்குடன் கழற்றி விடப்படும். இல்லையெனில் அப்பொறிகலனின் சடத்துவ எடை **(inert weight)** ஏவூர்திக்கு வீண்பளுவாக இருக்கும். இது மற்ற கட்டங்களுக்கும் பாரமாக உயரே எடுத்துச் செல்லப்பட்டால் ஏவூர்திப் பயண வேகமும் குறையும். ஆதலால், ஒவ்வொரு கட்டத்தின் இயக்கம் நின்றதும் முந்தைய கட்டப் பொறிகலன் துண்டித்துக் கழற்றி விடப்படும்.

மேலும் இவ்விதம் கழற்றி விடப்படும் பொறிகலன் தனக்கு முன்னே சென்றுகொண்டிருக்கும் ஏவூர்தியின் பின்புறமாகச் சென்று மோதவும் வாய்ப்பு இருக்கிறது. இத்தகைய நிகழ்ச்சிகள் அதிவிரைவில் பறந்து செல்லும் ஏவூர்தியின் பயணப் பாதையில் தடுமாற்றம் ஏற்படுத்தவும் கூடும். எனவே, தீர்ந்த பொறிகலன் பிரித்து விடப்படுகிற அதே தருணத்திலேயே, ஏவூர்தியின் பயணத் திசைக்கு எதிரான திசையில் அதனை விலக்கித் தள்ள வேண்டும். அதற்குத் தேவையான சிறு ஏவூர்தியே 'பின்னோட்ட ஏவூர்தி' அல்லது 'எதிர்த்திசை ஏவூர்தி' **(Retro motor)** எனப்படும்.

தவிர, ஒருசில ஏவுகணைகளில் அவற்றின் வேக வளர்ச்சியாகிய முடுக்கத்திற்கு எதிர்முடுக்கம் **(Negative acceleration or deceleration)** ஊட்டி, விரைவைத் தணிப்பதற்கும் இவ்வகை எதிர்த்திசை ஏவூர்திகளே பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

அன்றியும், சந்திரனிலோ, வேறு ஏதேனும் கிரகத்திலோ சென்று சுமுகமாகத் தரை இறங்குவதற்கும் இத்தகைய எதிர்த்திசை ஏவூர்திகளே உதவுகின்றன. இல்லையெனில் அந்த விண்கலம் வேற்றுக் கிரகத்தில் சுமுகமாக இறங்காமல் தரை மோதி விழுந்துவிடும்.

9) உள்மட்ட ஏவூர்தி (Ullage Motor)

இந்தியாவின் பி.எஸ்.எல்.வி. போன்ற ஏவுகலனின் முதல்கட்டம் திட உந்து பொறியும், இரண்டாம் கட்டம் திரவ உந்து பொறியும் கொண்டது. அது பறக்கும்போது முதல்கட்டம் எரிந்து பிரிந்து விழுந்ததும், இரண்டாம் கட்டம் இயக்கப்படும் வரை ஏவுகலனின் வேகம் சற்றுக் குறையும்.

ஆனால் இந்த ஏவுகலனின் இரண்டாம் கட்டம் நீர்ம உந்து பொறியாக இருப்பதால், அதனுள் அடங்கிய கொள்கலன்களில் நீர்மம் மட்டும் ஏவூர்தி எழுந்த வேகத்திலே கொள்கலனுக்குள்சற்று மேல் நோக்கி எம்பி உயரமுற்படும்.

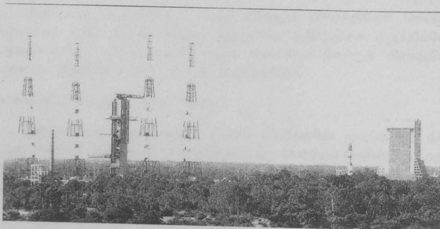
அவ்வேளையில் கொள்கலனின் அடியில் இருந்து உந்து பொறிக்குள் பாய வேண்டிய (எரிபொருள் அல்லது ஆக்சிகரணி) நீர்மத்தின் வேகஅளவு குறையும். இதனால் அதன் இயந்திரப் போக்குக் குழாய்களுக்குள் வெற்றிடக் குமிழிகள் உருவாகி உந்து பொறியின் இயக்கம் தளரும்.

இதனைத் தவிர்ப்பதற்காக இரண்டாம் கட்டப் பொறிகலன் மீது புறந்தொற்றியாகப் சிறு ஏவூர்திகள் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். முதல் கட்டம் பிரிந்ததும் எழுகின்ற வேகக் குறைவை ஈடுகட்டும் வகையில் இவை இயக்குவிக்கப்படும். இதனால் இரண்டாம் கட்டக் கலன்களில் நீர்மங்களின் மட்டம் மாறாது. பொறி இயக்கமும் தளராது. இவ்விதம் நீர்ம மட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த உதவும் சிறு பொறியே, உள்மட்ட ஏவூர்தி ஆகும்.

14

விண்ணூர்தி ஏவுதளம்

விண்ணூர்தி ஏவுதளம் என்பது உந்தும எரிபொருளால் இயக்குவிக்கப் படும் ஏவூர்தி **(rocket)** மற்றும் அதன் பல்வேறு உட்கூறுகளையும் ஒருங்கிணைத்துத் தொகுத்து, பரிசோதித்து, அதனை விண்ணில் செலுத்தப் போதிய வசதிகள் அடங்கிய கூட்டமைப்பு ஆகும். (படம் 14 : 1)



படம் 14.1 : விண்ணூர்தி ஏவுதளத்தின் பொதுவான தோற்றம்

மிகப் பெரிய ஏவுகலன்களைச் செலுத்துவதற்குக் கூடுதல் வசதிகளும், கருவிகளும் தேவைப்படும். குறிப்பாக, செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன் செலுத்து வதற்கு இந்தியாவில் சென்னைக்கு வடக்கே ஆந்திர மாநிலத்தின் கீழைக்கடற்கரையில் ஸ்ரீஹரிக்கோட்டா தீவில் இத்தகைய பிரம்மாண்ட ஏவுதளங்கள் உள்ளன.

சிறிய ஏவுகலன்களுக்குச் சற்று சிக்கல் குறைவான ஏவுத் தம்பம் **(launcher)** இருந்தால் போதும். சிறிய அளவிலான வானிலை ஆய்வூர்திகள் **(meteorological rockets)** மட்டுமே செலுத்தப்படுகின்ற நிலையங்களில் இத்தகைய ஏவுத் தம்ப வசதிகள் இடம்பெறுகின்றன. இந்தியாவில் ஸ்ரீஹரிக்கோட்டாவின் சத்தீஷ் தவான் விண்வெளி மையத்திலும், திருவனந்த புரத்தில் விக்கிரம் சாராபாய் விண்வெளி ஆய்வு மையத்திலும் இவ்விதச் சிறு ஏவுத்தம்பங்கள் உள்ளன.

2. ஏவுதளங்கள்

விண்கலம் செலுத்து நிலையங்களில் ஒவ்வொரு நாடும் தனக்கென்று பல்வேறு இடங்களைத் தேர்ந்தெடுத்துப் பயன்படுத்தி வருகின்றன. அமெரிக்கா வில் கீழைப் பரிசோதனை ஏவுதளம் **(Eastern Test Range)** மிக முக்கிய இடம்பெறுகிறது. இது முன்னாளில் அட்லாண்டிக் ஏவுகணை நிலையம் என்று அழைக்கப்பட்டது. (படம் 14 : 2) புளோரிடா மாகாணத்தில் கென்னடி முனையில் இது நிறுவப்பெற்றுள்ளது. மற்றொன்று மேற்குக் கரை ஏவுதளம். இது அமெரிக்கப் பாதுகாப்புத் துறையின் கீழ் செயல்பட்டு வருகின்றது.



படம் 14. 2: அமெரிக்க கீழைப் பரிசோதனை ஏவுதளம்

அமெரிக்காவில், நாசா என்கிற அமெரிக்கத் தேசிய வான் செலவு, விண்வெளி நிறுவனம் **(National Aeronautics and Space Administration)** தனது விண்கலன்களில் பெரும்பாலானவற்றை கிழக்கு ஏவுதளத்தில் இருந்தே செலுத்திப் பரிசோதனை நடத்தி வருகின்றது. சிறு ஏவூர்திகள், வானிலை ஆய்வூர்திகள் ஏவுதற்கு வெர்ஜினியா கடலோர வால்லூப்ஸ் தீவு பயன்படுத்தப்படுகிறது. கீழைப் பரிசோதனை ஏவுதளத்திற்கு உட்பட்ட 'கீழை விண்வெளி மற்றும் ஏவுகணை மையம்' **(Eastern Space and Missile Center)**, மேலைப் பரிசோதனை ஏவுதளத்திற்கு உட்பட்ட மேலை விண்வெளி ஏவுகணை மையம் **(Western Space and Missile Center)** ஆகியன இன்று விண்வெளி ஓடங்களைச் செலுத்தவும், தரையிறக்கவும் உதவுகின்றன.

சோவியத் ரஷியாவின் ஏவுதளங்கள் பெரும்பாலும் வெளியுலகிற்கு அறிவிக்கப்படாதவை. எனினும் அங்கு பெய்க்கல் ஏரி அருகே காபுஸ்தீன்யார் **(Kapustin Yar)** ஏவுதளம், ஆரல் கடல் அருகே கசகஸ்தான் பாலை நிலத்தில் பைக்கானூரில் தையுராதம் **(Tyuratam)**, இராணுவ உளவுச் செயற்கைக்கோள் ஏவுதளமான பிளெசெட்ஸ்க் **(Plesetsk)** ஆகியவை குறிப்பிடத்தக்கவை.

ஜப்பானில் தானிகஷிமா, சீனாவில் செ-சாங் ஆகிய இடங்களில் சில முக்கிய விண்கலன் ஏவுநிலையங்கள் செயல்பட்டு வருகின்றன.

ஆஸ்திரேலியாவில் ஊமர்ஸ் தளம், அல்ஜீரியாவில் முன்பு பிரெஞ்சு நாட்டிற்குச் சொந்தமாக இருந்த ஹாம்மக்யூர், கனடாவில் ஃபோர் சர்ச்சில் ஏவுதளம், இத்தாலியில் சான் மார்க்கோ ஏவுதளம், தென் அமெரிக்காவில் பிரெஞ்சு நாட்டு ஆதிக்கத்தின்கீழ் இயங்கி வரும் கயானா மாநிலத்தின் கூரு ஆகியவை உலகின் வேறு சில முக்கிய ஏவுதளங்கள் ஆகும். இவை செயற்கைக் கோள் ஏவுகலன்களும், வானிலை ஆய்வூர்திகளும் செலுத்தும் வசதிகள் கொண்டவை.

செலுத்தும் முன் ஏற்பாடுகள்

ஏவுகலனில் பொருத்தப்பட்டுள்ள அனைத்துப் பொருள்களும் மிகச் சரியாகச் செயல்படக் கூடியவை என்பதை உறுதி செய்யக் கடுமையான பரிசோதனைகள் தேவை. ஏவுகலன் தொகுப்புப் பணி தொடங்கும் முன்னரே இத்தகையப் பரிசோதனை நடவடிக்கைகள் ஆரம்பம் ஆகிவிடும். இவற்றால் மட்டுமே பரிசோதனையில் பழுது கண்டுபிடிக்கப்படும் கருவிகளையும் உட்கூறுகளையும் உடனுக்குடன் திருத்தவோ, முற்றிலும்

புதிதாக மாற்றி அமைக்கவோ வேண்டிய பொருளும், கால அவகாசமும் கிடைக்கும். அனைத்து உறுப்புகளும் தொகுக்கப்பட்ட பின்னர் ஒருங்கிணைத்த ஏவுகலன் முழுமையாகப் பரிசோதிக்கப்படும்.

தொகுப்புப் பணிகள் தொடங்கிய காலகட்டத்தில் இருந்து ஏவுகலன் செலுத்தப்படுவது வரையிலான செயல்பாடுகளை 'ஏவுகைமுகாம்' **(launch campaign)** என்று குறிப்பிடுவர். அக்காலகட்டத்தின் இறுதி நாள் எண்ணிறக்க **(count-down)** அளவீட்டின் இறுதியில் பூஜ்யம் என்று எண் அமையும்போது ஏவுகலன் விண்ணில் செலுத்தப்படும். அதுவே ஏவுகலன் எழுநிலை **(take-off)** ஆகும்.

நீர்ம உந்து பொறி அடங்கிய ஏவுகலமாயின், எண்ணிறக்க அளவீட்டின் ஆயத்தக் கட்டத்தில்தான் அந்த ஏவுகலனில் நீர்ம எரிபொருள்கள் **(liquid fuels)** நிரப்பப்படும். ஏவுகலனின் இறுதிக் கட்டத்தில் உந்தும அமைப்புகளும் அனைத்து ஒருங்குகளும் தயார் நிலைக்கு பக்குவப்படுத்தப்படும். அதன் பின்னரே முதல் கட்ட உந்து பொறிக்குள் தீமூட்டி இயக்குவிக்கப்படும்.

இதற்கென ஏவுதளத்தில் பல நிரந்தரக் கட்டுமானங்களும், கட்டடங்களும் உள்ளன. ஏவுகலனுக்குத் தேவையான உறுதுணை புரியும் அனைத்து கருவிகளையும் தரைநிலைய ஆதார அமைப்புகள் **(ground support systems)** என்று குறிப்பிடுகிறோம். ஏவுகலன் உறுப்புகள், வாகனம், பரிசோதனை, கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு, மின் இயந்திரத் தராசுகள், ஏவுகலனுக்கு எரி பொருள் நிரப்பும் நெகிழ்மக் குழல்கள், உபகரண மின் இணைப்பு வடங்கள் எனப் பலவும் தரை நிலைய ஆதார அமைப்பில் அமைவனவாகும்.

ஏவுதளக் கட்டமைப்பின் கூறுகள்

1. ஏவூர்தித் தொகுப்பு வசதி

ஓர் ஏவுகலனானது, பல்வேறு கட்டப் பொறிகளும், பயன்சுமையும் அடங்கியது. அவை ஒவ்வொன்றும் வெவ்வேறு இடங்களில் இருந்து தயாரிக்கப்பட்டு அந்த ஏவுதளத்திற்குத் தேவையான தருணங்களில் தனித்தனியே கொண்டு வரப்படும். பின்னர், அவை ஒன்றோடொன்று பொருத்தப்பட்டு ஏவுகலன் முழு வடிவம் பெறும். அதுபோது பல்லாயிரக் கணக்கான இயந்திர உட்கூறுகளும், பல கிலோமீட்டர்கள் நீளத்திலான மின்இணைப்புகளும் முறையாகத் தொகுக்கப்பட வேண்டும். இவை தவிர, வேறோர் இடத்தில் முழு உறுப்பாகத் தயாரான துணைக் கருவி அமைப்புகளும் அங்குக் கொண்டு வரப்பட்டு ஏவுகலனில் ஒருங்கிணைக்கப் பெறும். அவற்றை

எல்லாம் ஒவ்வொரு காலகட்டத்திலும் ஏவுதளத்திற்குப் பத்திரமாகவும், பாதுகாப்பாகவும் கொண்டு வருவதே தனிச்சிறப்பான செயல்பாடு ஆகும்.

ஏவுதள வளாகத்தில் இத்தகைய ஏவூர்தித் தொகுப்பு வசதி **(Vehicle Assembly Bay)** இடம்பெறும். இங்கு ஒவ்வொரு கட்டமாக ஏவூர்தியில் உந்து பொறிகள் பொருத்தப்படும். அதற்கென அந்தந்த உயரங்களில் நின்று பணியாற்றுவதற்கு வசதியாக மடக்கி உயர்த்தத் தகும் தளங்கள் **(foldable – cum – vertically retrievable platforms)** கட்டமைக்கப்பட்டு இருக்கும். அவ்வாறே, வேறு சில ஏவுமேடைகளில் புயம் விரித்து, உயர்த்தத் தகும் தளங்கள் **(swillable – cum – vertically retrievable platforms)** இடம்பெறும்.

2. ஏவுமேடை

ஏவூர்தி செலுத்து தளத்தில் முதன்மையாக ஒரு ஏவு மேடை **(launch pad)** அல்லது ஏவுத் தம்பம் வேண்டும். அதன் புறக் கட்டமைப்பு உயர்வெப்பம் தாங்கும் திறன் கொண்டதாக அமைவது அவசியம். ஏனெனில் அனல் சுடர் உமிழ்ந்து உயர்ந்து எழும்போது ஏவுகலனின் பின்புறக் கூம்புக்குழாய் வழி வெளியேறும் நெருப்பும், புகையும் ஏவுமேடையில் மோதும். அது மீண்டும் ஏவுகலன் பக்கமே பிரதிபலிக்கவும் கூடும்.

ஏவூர்திகளில் இருந்து அதிக அழுத்தத்தில் சீறிப் பாயும் இந்த வெப்பத் தீநாளங்களால் ஏவுமேடை கருகிவிடாமலும், உருகி விடாமலும் இருக்க வேண்டும். அதனால் ஏவுமேடைக்கு அடியில் தீநாளக் கற்றை விலக்கி **(flame jet deflectors)** அமைப்புகள் எழுப்பப்பட்டு இருக்கும். அத்தீநாள விலக்கியைச் சுற்றிலும் தண்ணீர் தேக்கி வைக்கப்படும். உண்மையில் ஏவூர்தி உமிழும் அதிவெப்ப நெருப்பின் வெம்மையைத் தணிக்கவே இந்த ஏற்பாடாகும். மேலும் ஏவுமேடையைச் சுற்றிலும் எவ்விதச் சேதமும் ஏற்படாத வண்ணம் பாதுகாக்கவும் இந்த வசதி அவசியமாகும்.

அன்றியும், தொலைதூரக் கட்டுப்பாட்டு அறையில் இருந்தவாறே நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள், தேவையான வளிமங்கள் நிரப்பும் நீள் குழாய் வசதிகளும் இந்த ஏவுமேடையில் முக்கியமானவையாகும்.

ஒரு சில அதி நவீன ஏவுதளங்களில் 'ஏவுகை நிறுத்திவைப்பு மற்றும் விடுவிப்புச் செயல்நுட்பம்' **(Launch hold and release mechanism)** உள்ளது. நம் நாட்டில் சமீபத்தில் செலுத்தப் பெற்ற ஜி.எஸ்.எல்.வி **(GSLV)** எனும் புவி

ஒத்தியக்கச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன் **(Geo-Synchronous Satellite Launch Vehicle)** திட்டத்தில், இத்தகைய அதி நவீன உத்தி கையாளப் பெற்றது. அந்த ஏவுகலனைச் சுற்றிலும் நான்கு திரவ உந்துபொறிகள் பொருத்தப்பட்டன. அந்த நான்கு பொறிகளிலும் போதிய அளவு தள்ளுவிசை வெளிப்பட வேண்டும். அதன்பிறகே ஏவுமேடையில் இருந்து ஏவுகலன் விடுவிக்கப் பெறும்.

ஆரம்பத்தில் ஒரு சில வினாடிகளுக்குள் புறந்தொற்றிப் பொறிகளில் ஏதேனும் ஒன்றில் தேவையான அளவு தள்ளுவிசை வெளிப்படவில்லை என்று வைத்துக்கொள்வோம். ஒரு பக்கப் பொறி சரிவர இயங்காத நிலையில் ஏவுமேடையை விட்டு உயர்ந்தெழும் முன்பே முழு ஏவூர்தியும் ஒரு பக்கவாட்டில் சாய்ந்து ஏவுமேடையின் பல்வேறு தளங்களில் முட்டி மோதி அளப்பரிய விபரீதம் நிகழ்ந்துவிடும். அன்றி ஏவூர்தியும் திட்டமிட்ட பயணத் திசை விட்டு விலகியும் சென்றுவிடும். இத்தகைய விபத்துகள் பயணத்திற்கு முன்னரேயே தவிர்க்கப்பட வேண்டும். வானில் உயர்ந்து எழுந்தபின் இந்த ஒருபக்கத் தள்ளுவிசைப் பற்றாக்குறை தெரிய வருமானால் ஏவுகலன் திட்டம் அடியோடு தோல்வி அடைந்துவிடும்; பெருத்த சேதங்கள் உண்டாகும்.

இத்தகைய அபாயங்களைத் தடுக்கும் வகையில், தள்ளுவிசைத் தடுமாற்றம் கொண்ட ஏவுகலனை ஏவுமேடை விட்டு எழுந்து பறக்க விடாமல் இறுக்கிப் பிடித்துக்கொள்ள இந்த 'நிறுத்தல்-விடுவித்தல்' ஏற்பாடு ஒருவித முன்நடவடிக்கை ஆகும். நம் நாட்டு ஜி.எல்.எல்.வி முதல் பயணத்தின்போது இதே அனுபவம் இந்திய விஞ்ஞானிகளுக்கு ஒரு சவாலாக அமைந்தது. புறந்தொற்றிப் பொறி ஒன்று முழுமையாகச் செயல்படவில்லை. இவ்விதம் ஏற்பட்ட பயணத் தடையைத் தொடர்ந்து அனைத்து உந்து பொறிகளும் சரிபார்க்கப்பட்டு அடுத்தாண்டே மீண்டும் அது வெற்றிகரமாக விண்ணில் செலுத்தப்பட்டது; இந்திய விண்வெளி வரலாற்றின் மிகப்பெரும் சாதனையாகும் இது.

3. உயிர்நாளத் தொடர்புகள் (umbilical connections)

ஏவுகலன் பரிசோதனையின்போதும், செலுத்தப்படும் முன்னரும் அதன் உயிர்நிலை, தரைக் கட்டுப்பாட்டு அறைகளிலிருந்தே பரிசோதிக்கப்படும். இதற்கெனத் தொலைவிலிருந்து கண்காணிக்கவும், கட்டுப்படுத்தவும ஏதுவான மின் வடங்களும், இயந்திரக் குழாய் இணைப்புகளும் உதவும். இந்த 'உயிர் நாளங்கள்' தாயின் தொப்புள் கொடித் தொடர்பு போன்றவை. அந்த அளவுக்கு மிக முக்கியமானவை. ஆயின் ஏவூர்தி உந்து எரிபொருளினைத் தீப்பற்ற

வைத்தவுடன், ஏவுகலன் உயர்ந்தெழும் முன்னர் இந்த இணைப்புகள் ஏவுமேடையிலிருந்து தானாகவே விடுபட்டு விலகிக்கொள்ளும். இச் செயல்பாடுகள் யாவுமே கணிப்பொறி வழியாகத் தூண்டுவிக்கப்படும்.

4. நகரும் பணிக் கட்டமைப்பு (Mobile Service Structure)

ஏவுகலனின் வெவ்வேறு கட்டப் பொறிகளை ஒன்றன்மீது ஒன்றாக அடுக்கி வைத்துத் தொகுக்கும்போது அதனைச் சுற்றிலும் அடுக்கு மாடி போன்ற கட்டுமானம் தேவை. அதில் பல்வேறு தளங்கள் இருக்கும். அவற்றைச் 'சேவைத் தளங்கள்' என்றும் குறிப்பிடலாம். அந்த வெவ்வேறு உயரத் தளங்களில் நின்று கொண்டுதான் நாம் ஏவுகலனைத் தொகுக்க வேண்டும். ஒவ்வொரு கட்ட இணைப்பின்போதும் அந்தத் தளத்தில் நின்றவாறே பொறியியலாரும், பணியாளரும் ஏவுகலன் தொகுப்பில் ஈடுபடுவர். இந்தத் தளங்களைக் கப்பிகளின் உதவியினால் மேலே ஏற்றவும், கீழே இறக்கவும் முடியும். அதற்கான வசதிகள் அந்தப் பணிக் கூட்டினில் இடம்பெறும். அவற்றையே 'மடக்கி உயர்த்தத் தகும் தளங்கள்' என்று குறிப்பிடுவர்.

உலகின் பெரும்பாலான ஏவுதளங்கள் கடலோரங்களில் அமைக்கப் படுகின்றன. அதனால் கடற்காற்று வீச்சு, உப்புக் காற்றினால் ஏற்படும் அரிப்புத்தன்மை, மாசு, புற வெப்பம் போன்ற பல்வேறு சுற்றுச்சூழல்களில் இருந்து அவை பாதுகாப்பாக அமைக்கப்பட வேண்டும். அவ்வாறே, ஏவூர்தி முகப்பில் நுனிக்கூம்பினுள் செயற்கைக்கோள் பொருத்தப்படும் வேளையில் அத்தொகுப்பு அறை தூய்மையானதாக இருக்கவேண்டும். ஏனெனில் ஏவுகலனிலோ, செயற்கைக்கோளிலோ இருக்கும் சிறியதொரு தூசு கூட அதன் வெற்றிக்குக் குந்தகம் விளைக்கக்கூடும்.

ஆயின் ஏவுகலன் செலுத்தப்படுவதற்கு சில மணி நேரத்திற்கு முன்னதாகவே அதில் திரவ உந்து எரிபொருள்கள் நிரப்பப்பட வேண்டும். மற்றும் அதில் இடம்பெறும் வாயு அழுத்தப் பொறிகளுக்குத் தேவையான ஹீலியம், நைட்டிரஜன் போன்ற வளிமங்களை ஏவுகலனில் ஏற்றி நிரப்பவும் வேண்டும். இதற்கென உயிர்நாளத் தொடர்புகள் உதவுவனவாகும்.

இறுதிக் கட்டப் பரிசோதனைகள் முடிந்த பின்னர் இச்சேவைத் தளங்கள் அடங்கிய பணிக் கூடு, ஏவுகலனுக்கு அருகிலிருந்து நகர்த்தப் படவேண்டும். அதனை இடம்மாற்றும் விசேட வசதிகள் அங்கு உண்டு. அதன்படி அந்தப் பணிக்கூடு, கனரகத் தண்டவாளத்தில் மிகப் பிரமாண்டச் சக்கரங்கள் கொண்ட இராட்சதத் தேர் மாதிரி மெல்ல உருட்டப்பட்டு இடம் நகர்த்தப்படும். இந்த 'நகரும் பணிக் கட்டமைப்'பினை 'நகரும் பணிக் கோபுரம்' **(Mobile Service Tower)** என்றும் குறிப்பிடுவர்.

5. எரிபொருள் நிரப்புதல்

திண்ம உந்து எரிபொருளைப் பொருத்தமட்டில் உந்துபொறி தயாரிப்பின் போது அதில் திண்ம எரிபொருள்கள் நிறைத்த பொறிகளாகவே அவை ஏவுமேடைக்கு எடுத்து வரப்படும். ஆனால் நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள் மட்டும் ஏவுகலன் தொகுக்கப்பட்ட நிலையில் ஏவுமேடையில் வைத்தே நிரப்பப்படும்.

அன்றியும், 'கிரையோஜெனிக்' என்னும் அதி குளிரியத் திரவ எரி பொருள்கள் தொடர்பாக இன்னும் சிக்கலான தொழில்நுட்பங்கள் மேற்கொள்ளப் படுகின்றன.

திரவ ஹைடிரஜன் மற்றும் திரவ ஆக்சிஜன் நிரப்புவதற்கு அதன் செலுத்து குழாய்களும், எரிபொருள் சேமிப்புக் கலன்களும் வெப்பம் கடத்தாத காப்புறை வசதிகள் பெற்றிருக்க வேண்டும். திரவ ஹைடிரஜன் பனி உறைநிலைக்கு 253 பாகை செல்சியஸ் (20 பாகை கெல்வின்) அதி குளிர் நிலையில் மட்டுமே நீர்மமாக இருக்கும். நீர்ம ஆக்சிஜன் பனி உறைநிலைக்கு 183 பாகை செல்சியஸ் (90 பாகை கெல்வின்) மிகக் குளிர்நிலை கொண்டிருக்கும்.

இந்த நீர்ம எரிபொருள்கள் ஏவுமேடைக்கு அருகில் சேமித்து வைக்கப் படுவது இல்லை. தொலைவில் விசேடக் குளிர்க் கிடங்குகளில் பத்திரமாகப் பாதுகாக்கப்படும். அவற்றைச் சேமித்து வைக்கும் கலன்களும், அதிகுளிரில் வெடிப்பு விழுந்து விடாதபடி சிறப்பான உலோகத்தினால் வடிவமைக்கப்பட்டு இருக்கும்; எளிதில் துருபிடிக்காததாகவும் இருக்கவேண்டும். ஏனெனில் எரிபொருள் கசிவு மிகவும் ஆபத்தானது.

6. கட்டுப்பாட்டு மையம்

ஏவுகலன் செலுத்துவதற்குரிய செயல்பாடுகள் அனைத்தும் ஏவுமேடைக்குத் தொலைவில் தரைக் கட்டுப்பாட்டு அறைக் கூடத்திலிருந்தே கவனிக்கப் பெறும். இதனை 'ஏவுகைக் கட்டுப்பாட்டு மையம் **(Launch Control Centre)** என வழங்குவர். (காண்க: படம் 14 : 2)

ஏவுகலன் இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தவும், கண்காணிக்கவும் உரிய கணினித் திரைகள் அங்கு இருக்கும். திண்ம உந்து எரிபொருள், நீர்ம உந்து எரிபொருள், அவற்றின் செயல்பாடுகள், ஏவுகலன் பறந்து செல்லும் உயரம், வேகம், வேக வளர்ச்சி, திசை திருப்பங்கள், பயணத்தடம் போன்றவற்றைத் துல்லியமாகக் கண்காணிக்கத் 'திட்டக் கட்டுப்பாட்டு மையம்' **(Mission Control Center)** உதவும்.



படம் 14.2 : ஏவுக் கட்டுப்பாட்டு மையம்

திட்டக் கட்டுப்பாட்டு மையத்தில் மிக உயர்ந்த தொழில்நுட்பச் செயல்பாடுகள் இடம்பெறும். அங்குள்ள கணினித் திரையில் தோன்றும் தரவுகள் ஆராயப்பட்டு, அவை உரிய தகவல்களாக மாற்றப்படும். அதன்வழி மட்டுமே பிற நிலையங்களுக்கும், விண்ணூர்திக்கும் கட்டளை பிறப்பிக்கவும், பிற நிலையங்களில் இருந்து பெறப்படும் தகவல்களை அலசி ஆராயவும் முடியும்.

ஏவுகலன் தேவையில்லாமல் திசைமாறிச் சென்றாலோ, பயணப் பாதையில் தடுமாறினாலோ, வேறு ஏதேனும் கோளாறு ஏற்பட்டாலோ 'பயணக் கட்டுப்பாடு மற்றும் நெறிப்பாட்டு' **(Navigation Control and Guidance)** அமைப்பின் ஆணைகளும், கருவிகளும் ஏவுகலன் பாதையில் உரிய திருத்தங்களைச் செய்யும். தேவைப்பட்டால் பயணத்தைப் பாதியில் முடித்து அபாய விளைவுகள் நிகழாமல் தடுத்திடவும் பயண மின்னியலில் இடம்பெறும் கணிப்பொறி ஆணைத்தொகுப்பு உதவும். விபத்துக்கு முன்னம் தேவை ஏற்பட்டால் ஏவுகலனை நடுவானில் வெடிக்கச் செய்யவும் வேண்டும். இதற்கெனப் பொறிகலன்களில் நீளவாட்டில் பதிக்கப்பட்ட வெடிநாளங்கள் **(explosive cords)** இயக்குவிக்கப்படும். ஏவுகலனும் நடுவானில் இரண்டாக வகிர்ந்து வெடித்துச் சிதறும். அதன்வழி ஏவுபொறிகளின் உள் அழுத்தம் குறைவதனால் ஏவுகலன் பயணம் முடிவுக்கு வருவதுடன் விபத்தும் தவிர்க்கப்படும்.

15

தரைநிலையக் கருவியியல்

புவி விட்டுக் கிளம்பிய செயற்கைக்கோள்கள், விண்ஊடுருவிகள், மனித விண்கலன்கள் ஆகியவற்றின் செயல்பாடுகள் தொடர்ந்து கண்காணிக்கப்பட **(monitoring)** வேண்டியது அவசியமாகும். பயணப் பாதையிலும், விண் சுற்றுப் பாதையிலும் அவற்றின் தொலைவு, வேகம், விரைவூட்டம் **(acceleration)** போன்ற பண்புகளை விண்கலனின் தடம் அறியவும் **(tracking)**, விண்வெளியில் இருந்து தகவல்கள் பெறும் வகையில் தொலை அளப்பும் **(telemetry)**, புவி நிலையங்களில் இருந்து விண்கலனுக்கு தொலைக்கட்டளை **(telecommand)**, பிறப்பிக்கவும் தகவல்தொடர்பு கொள்ளவும் கண்காணிப்பு மற்றும் கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் உதவுகின்றன. இத்தொடர்பிலான உபகரணங்களின் தொகுப்பே விண்கலத் தரை நிலையக் கருவியியல் ஆகும். இதில் ரேடார் **(RADAR - Radio Detection And Ranging)**, மின்காந்த அலை ஏற்றுப் பரப்பிகள் (transponders), ஒளியியல் உபகரணங்கள், கணிப்பொறிகள் ஆகியவை அடங்கும்.

இக்கருவிகள் உலகளாவிய தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களுடன் வலைப்பின்னல் ஒன்றோடொன்று தொடர்புகளால் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். இவற்றின் உதவியால் ஏவுகலன்கள் விண்கலன்கள் போன்றவை வானில் உயர்ந்தெழும்போது அவற்றின் பயணப் பாதைகளைப் பின்பற்றலாம். ஏவுதளங்களிலும் இத்தகைய தரைநிலையக் கருவிகள் நிறுவப்பட்டு இருக்கும்.

இப்புவி ஒரு மணி நேரத்திற்கு 15 பாகை அளவு வீதம் தன்னச்சில் சுழன்று கொண்டு இருக்கிறது. அதனால் புவிமேல் ஒவ்வொரு மணிநேர இடைவெளியிலும் நம்மை அறியாமலே நாம் ஏறத்தாழ மணிக்கு 1620 கிலோ மீட்டர் தூரம் இடம்பெயர்கின்றோம். விண்கலன்களைப் பொறுத்தமட்டில் தரை

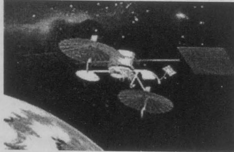
நிலையங்களும் அவ்விதம் இடம் மாறுகின்றன. அவ்வகையில் விண்கலன்களைச் செலுத்திய தருணம் முதல் விண்வெளியில் அவற்றின் இயக்கத்தை இடைவிடாமல் கண்காணிப்பதில் தரைநிலையங்கள் முக்கியப் பங்காற்றுகின்றன.

இவற்றின் தொடர்பு இணைப்புகள் இரண்டு வகைப்படும்.

முதல் வகையில், தரைநிலையங்களில் இருந்து செயற்கைக்கோள்களின் சுற்றுப் பாதையினைக் கண்காணிப்பது.

இரண்டாம் வகையில், ஆழ்விண்வெளியில் அண்டவெளிக்குள் விரைந்து செல்லும் விண் ஊடுருவிகள் அனுப்பும் தகவல்களைச் சேகரிப்பது.

ஆயின், இன்று மூன்றாவதான தொடர்பு வலைய உத்தி ஒன்றும் உருவாகி விட்டது. இங்கு ஆழ்விண்வெளியில் இருந்து பெறப்படும் தகவல்களை நேரடியாகப் புவிநிலையங்கள் ஏற்பது கடினம். அத்தகவல்கள் வலுவிழந்து சிதறிவிடக் கூடும். ஆதலால் அந்த ஆழ் விண்ஊடுருவி அனுப்பும் அண்டவெளித் தகவல்களை நில நடுக்கோட்டிற்கு நேர்மேலாக குறிப்பிட்டதொரு புள்ளியில் நிலைநிறுத்தப்பட்ட புவி ஒத்தியக்கச் செயற்கைக்கோள்களுக்கு **(Geo-synchronous satellites)** அனுப்பி, அங்கிருந்து தரைநிலையங்களுக்கு மறு அஞ்சல் செய்யலாம். இவற்றை 'தடமறிந்து தகவல் அஞ்சல் செய்யும் செயற்கைக்கோள்கள்' **(Tracking and Data Relay Satellites-TDRS)** என்கிறோம். இவை 1980–ஆம் ஆண்டுவாக்கில் பிரபலம் அடைந்தன. (படம் 15.1)



படம் 15.1 : தடமறிந்து தகவல் அஞ்சல் செய்யும் செயற்கைக்கோள் **(TDRS)**

அ. தரைநிலையத் தகவல் தொடர்பியல்

ஏவுதளங்களிலும் கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களிலும் பல்வேறு தொழில் நுட்பப் பணிகள் நடைபெறுகின்றன:

1. தடம்அறிதல் **(Tracking):–** மின்காந்த அல்லது ஒளியியல் கதிரலைகள் உதவியால் விண்ஊடுருவிகள் மற்றும் செயற்கைக்கோள்களின் இருப்பிடம் மற்றும் திசை வேகங்கள் (velocities) ஆகியவற்றை அளந்து அறிதல்.

2. தொலைவளப்பு (தொலைவு கணிப்பியல்) **(Telemetry):–** விண்கலனில் இடம்பெறும் அறிவியல் ஆய்வுக் கருவிகள் மற்றும் அதன் இயக்கச் செயல்பாட்டு உபகரணங்கள் ஆகியவை தொலைவிலிருந்து சேகரித்து அனுப்பும் தகவல்களைப் பதிவு செய்தல்.

3. தொலைக்கட்டளை **(Telecommand):–** அறிவியல் உபகரணங்கள் உட்பட விண்ணூர்திக் கருவிகளுக்குத் பூமியில் இருந்தே கட்டளை பிறப்பித்தல்.

4. குரல் ஒலித் தகவல் தொடர்பு **(Voice communication):–** விண்வெளி ஓடம் போன்றவற்றில் இருந்து விண்வெளி வீரர்கள் பேச்சைப் புவியில் கேட்கவும், மறுமொழி அனுப்பவும் உகந்த தொலைபேசித் தொடர்பு வசதி.

5. தொலைக்காட்சி வசதி:– விண்ணூர்தியினுள் விண்வெளி வீரர்களை யும், உட்புறச் சூழ்நிலைகளையும் கண்காணித்திட உதவும் தொலைக்காட்சி அமைப்பு.

6. தரைவழித் தகவல் தொடர்புகள் **(Ground communications):–** தொலைத் தடம்அறிதல், தொலைவளப்பு, தொலைக்கட்டளை, குரல்வழி ஒலித் தகவல் தொடர்பு, தொலைக்காட்சி போன்ற விண்ணூர்தித் தகவல்களை ஏற்று, முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டு மையத்தின் வழி **(Master Control Center)** தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களுக்கு அனுப்புதல்.

7. கணிப்பீடு **(Computation):–** முதன்மை மையத்திற்குத் தகவல்கள் அனுப்பும் முன்னதாக விண்ணூர்தியிலிருந்து ஏற்று வாங்கிய தரவுகளைக் கணிப்பீடுகள் வழி ஆராய்தல்; முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டு மையத்தில் இடம் பெறும் கணினித் திரையில் தகவல்களை விரைவாக ஓட்டிப் பார்க்கும் கணிப்பியல் நுட்ப முறையும் இதில் அடங்கும்.

ஆ. விண்கலத் தகவல் தொடர்பியல்

புற விண்வெளியில் இயங்கும் ஒரு விண்கலம், உயர் அதிர்வெண் மின்காந்த அலைகளைக் கையாண்டு தரைநிலையங்களோடு தகவல்

பரிமாற்றம் செய்யும் உத்தி இது. எந்தவொரு விண்கலத் திட்டத்திலும் இத்தகைய தகவல் தொடர்பு மிக இன்றியமையாததாகும்.

இவ்விண்கலத் தகவல் தொடர்பில் பின்வரும் மூன்று பகுதிகள் முக்கியமானவை.

1. தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தில் இருந்து விண்கலத்திற்கு வரும் தொலைக் கட்டளை **(telecommand)** சமிஞ்ஞைகள் பிறப்பித்தல்.

2. தரை நிலையங்களுக்கு வானலை உபகரணங்கள் வழி **(radio equipments)** தடம் அறிதல் தொடர்பான தரவுகளை அனுப்புதல் **(tracking).**

3. விண்வெளியில் இருந்து பெறப்படும் அறிவியல், பயன்பாட்டுத் தகவல் களைப் புவி நிலையங்களுக்கு அனுப்புதல். இதுவே 'தொலைவளப்பு' **(telemetry)** என்றும் அழைக்கப்படும். விண் ஊடுருவிகளுக்கும், செயற்கைக்கோள்களுக்கும் இத்தொலைவளப்பு மிக முக்கியப்பணி ஆகும்.

அத்துடன் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள் அமைப்பு, விண்கலத் தகவல்தொடர்பின் மற்றொரு சிறப்புப் பகுதி ஆகும். இதில் குறிப்பாக, விண்கலன்கள் அல்லது செயற்கைக்கோள்கள் புவியிலிருந்து ஏற்கும் தகவல்களை அலைபரப்பும் அஞ்சல் நிலையங்களாகவும் செயல்படுகின்றன.

பொதுப்பண்புகள்

விண்கலத் தகவல் தொடர்பில் உள்ள சிக்கல்கள் வேறு மாதிரியானவை. அவை தரைக் கட்டுப்பாட்டு முனையில் எழும் பிரச்சினைகளை ஒத்திராது. புவிசுற்றுப் பாதையில் அல்லது ஆழ்விண்வெளியில் பறக்கும்போது விண்கலத்தில் இடம்பெறும் தகவல் அலைபரப்பியும் **(transmitter)**, அலைவாங்கியும் **(receiver)**, தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தோடு நேரடி பார்வை விலகாமல் தொடர்பு கொண்டிருக்க வேண்டும். அத்துடன் புவியில் ஆங்காங்கே அமைந்துள்ள தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களின் இருப்பிடங்கள் பற்றிய திணைப்படக் குறிப்புகளும் விண்கலக் கணிப்பொறியில் பதிவுசெய்யப்பட்டு இருக்கவேண்டும். அவ்வாறான நிலையில் மட்டுமே விண்கலன் இடையறாது புவியின் அனைத்துத் தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களோடும் திறம்படத் தகவல்தொடர்பு கொள்ள முடியும். தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையம் அனுப்பும் சமிஞ்ஞைகளுக்கும், விண்கலன் ஏற்கும் சமிஞ்ஞைகளுக்கும் இடையிலான திறன் சமன்பாடு கீழே தரப்பட்டுள்ளது:

$P_r = KP_tG_tG_r(T/4R)^2$

P_r = ஏற்பு சமிஞ்ஞைத் திறன்

P_t = அலைபரப்பித் திறன் வெளியீடு

G_t = அலைபரப்பி–அலைதிரட்டி ஏற்பு விகிதம்

G_r = அலைவாங்கி–அலைதிரட்டி ஏற்பு விகிதம்

K = இணைப்பு வடங்களில் ஏற்படும் இழப்புகள் அல்லது அலைதிரட்டியின் திசை குறியில் எழும் பிழை

R = அலைபரப்புத் தொலைவு

T = அலைபரப்புச் சுமப்பு அலைநீளம்

அண்டவெளிக்குள் பறந்து செல்லும் விண்கலனின் தொலைவு அதிகரிப்பதற்கு ஏற்ப அதன் வர்க்க அளவின் பங்காகப் புவி நிலையத்திற்கு வரும் சமிஞ்ஞைகள் வலு இழக்கும். வெள்ளி, செவ்வாய் அல்லது அதற்கும் அப்பால் உள்ள தொலைதூரக் கோள்களில் இருந்து பெறப்படும் சமிஞ்ஞைகள் மங்கலாக இருக்கும். காரணம், அவை பல கோடி கிலோமீட்டர்கள் தொலைவி லிருந்து வருபவை; திறன் குறைவாக இருக்கும்.

ஏற்புச் சமிஞ்ஞைத் திறன் என்பது அலைபரப்பியின் திறன் வெளியீட்டு அளவு, அலைபரப்பியில் இடம்பெறும் அலைதிரட்டியின் திறன் ஏற்பு விகிதம், அலைவாங்கியில் இடம்பெறும் அலைதிரட்டியின் திறன் ஏற்பு விகிதம் ஆகியவற்றினோடு நேரடியாகச் சார்ந்திருக்கும். அன்றியும், அதுவே அலைநீளத்தின் இருமடி அளவோடு நேரடி விகிதத்திலும், அலைபரப்புத் தொலைவின் இருமடியோடு தலைகீழ் விகிதத்திலும் சார்ந்திருக்கும்.

எனினும், இந்த அளவு உள்ளபடியாக மின்தொடர் வடங்கள் மற்றும் இணைப்பிகள் சார்ந்த இழப்புகள், அலைதிரட்டியைத் தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையம் நோக்கித் திருப்பி வைப்பதில் ஏற்படும் திசை குறி இழப்புகள் ஆகிய ஒட்டுமொத்த அமைப்பின் திறன் இழப்புகளைப் பொறுத்து மாறுபடும்.

அத்துடன் பூமியில் இயல்பாகவும், செயற்கையாகவும் ஏற்படும் சில மின்காந்தக் குறுக்கீடுகளும் அந்த விண்வெளித் தகவல் அலைகளுக்கு இடையூறு விளைவிக்கும். அதற்கென அங்கிருந்து அலைபரப்பப்படும் மின்காந்த அலைகளின் அதிர்வெண் மிக அதிகமாக இருத்தல் அவசியம்.

மேலும், இதற்காகவே மிக விரிந்த அலைவாங்கிகளும், மேசர் **(MASER)** எனப்படும் தூண்டுவிக்கப்பட்ட கதிர்வீச்சு உமிழ்வால் காந்தத்திறன் பெருக்கம் **(Magnetic Amplification by Stimulated Emission**

of Radiation) எனும் இரைச்சல் குறைந்த விசேடத் திறன் பெருக்கிகளும் வலு குறைந்த விண்வெளித் தகவல் சமிஞ்ஞைகளை ஏற்று வாங்கும். இருப்பினும் இந்தச் சிறப்பு அலைவாங்கிகளும் கூட சில வேளைகளில், அண்டவெளியின் தேவையற்ற மின்காந்த இரைச்சலினை ஓரளவு உள்வாங்கத்தான் செய்யும்; இது தவிர்க்க இயலாததாகும்.

ஆழ்விண்வெளித் தகவல் தொடர்புக்கு, வேண்டியவாறு திசை திருப்ப வல்ல அலைவாங்கிகளும் உதவும். நம் நாட்டில் சந்திராயன் மற்றும் கோள்களிடைப் பயணத்திற்கான 18 மீட்டர், 32 மீட்டர் குறுக்களவுகள் கொண்ட அலை திரட்டிகள் பெங்களூரு அருகில் பையாலு எனும் இடத்தில் நிறுவப்பட்டுள்ளன. கலிஃபோர்னியாவில் கோல்ட்ஸ்டோன் என்னுமிடத்திலுள்ள 26 மீட்டர் அலைவாங்கியும் செயல்பட்டு வருகிறது. இத்தகைய சிறப்பு அலைவாங்கி அமைப்புகள் பெரும்பாலும் ஆள் நடமாட்டம் இல்லாத ஒதுக்குப்புறங்களில் நிறுவப்படுகின்றன. அங்கு தகவல் அலசும் அதிவேக இலக்கவியல் கணினி அமைப்புகளும் இடம்பெறும். அவற்றின் பணிமுறை மிகவும் சிக்கலானது.

அது மட்டுமன்றி, ஆழ்விண்வெளிப் பயணம் செய்யும் விண்கலனில் பொருத்தப்படும் தகவல் தொடர்புக் கருவிகள் மிகக் கனமானதாகவும் இருப்பனவாகும். விண்கலன் கட்டமைப்பில் இது ஒரு குறையாகும். சாதாரண ஒரு தகவல் தொடர்பு விண்கலத்தில் இடம்பெறும் தகவல் தொடர்புக் கருவியின் எடை சராசரியாக 25 முதல் 150 கிலோ கிராம் அளவில் இருக்கும்.

மற்றொரு சிக்கல் அதன் நம்பகத் தன்மையாகும். அகண்டாகார விண்வெளியில் மின்காந்த அலை அதிக வெப்பமும், அதீதக் குளிரும் கொண்ட சூழ்நிலை உள்ளது. அங்கு விண்வெளித் தகவல்தொடர்பு உபகரணங்கள் பழுது ஏதும் இன்றிப் பல்லாண்டுகள் நீடித்து உழைக்க வேண்டும். இவ்வகையில் அவற்றின் நம்பகத்தன்மை மிகக் கூடுதலாக அமைய வேண்டும். இதற்கென அவற்றில் மிக உன்னத உட்கூறுகளும் கருவிகளும் மட்டுமே இடம்பெற வேண்டும்.

அதனையயன்றியுத் தேவைப்பட்டால் மிக இக்கட்டான அளவீட்டைப் பொறுத்த மட்டில் ஒரே ஒரு கருவிக்குப் பதிலாக சமதிறனும், செயல்பாடும், தரமும் கொண்ட இன்னொரு கருவியையும் இடம்பெறச் செய்யலாம். அதனால் ஒன்று பழுதானாலும் மற்றொன்று செயல்படும் நிலை அமையும். இதன்வழி தகவல் தொடர்பின் நம்பகத்தன்மையும் மிகைப்படும்.

'பன்னாட்டுத் தொலைத் தகவல் தொடர்பு ஒன்றியம்' **(International Telecommunication Union)** வரையறுத்தபடி, மின்காந்த, அலைவரிசையில் தகவல் தொடர்பு மற்றும் ரேடார்களில் கையாளப்படும் கதிரலைகளின் அதிர்வெண் பட்டை **(Frequency Band)** அல்லது நெடுக்கம் **(Frequency range)** அலைநீளம் ஆகியவற்றின் அட்டவணை (15:1) கீழே தரப் பட்டுள்ளது.

அலைவரிசை	அதிர்வெண்	அலைநீளம் (கிலோமீட்டரில்)
மீ குறை அதிர்வெண் (Extremely Low Frequency, ELF)	3- 30 ஹெர்ட்ஸ்	100,000 - 10,000
மிகைக்குறை அதிர்வெண் (Super Low Frequency, SLF)	30- 300 ஹெர்ட்ஸ்	10,000 - 1000
புறக் குறை அதிர்வெண் (Ultra Low Frequency, ULF)	300- 3000 ஹெர்ட்ஸ்	1000 - 100
அதிகுறை அதிர்வெண் (Very Low Frequency, VLF)	3- 30 கிலோஹெர்ட்ஸ்	100 - 10
குறை அதிர்வெண் (Low Frequency, LF)	30- 300 கிலோஹெர்ட்ஸ்	10 - 01
நடுத்தர அதிர்வெண் (Medium Frequency, MF)	300 கி.ஹெ.- 3 மெகாஹெர்ட்ஸ்	1 - 0.1
உயர் அதிர்வெண் (High Frequency, HF)	3- 30 மெகாஹெர்ட்ஸ்	0.1 - 0.01
அதிஉயர் அதிர்வெண் (Very High Frequency, VHF)	30- 300 மெகாஹெர்ட்ஸ்	0.01 - 0.001
புற உயர் அதிர்வெண் (Ultra High Frequency, UHF)	300 மெகாஹெ. - 3 கிகாஹெர்ட்ஸ்	0.001 - 0.00001
மிகை உயர் அதிர்வெண் (Super High Frequency, SHF)	3- 30 கிகாஹெர்ட்ஸ்	0.0001 - 0.00001
மீ உயர் அதிர்வெண் (Extremely High Frequency, ELF)	30- 300 கிகாஹெர்ட்ஸ்	0.00001 - 0.00000

அட்டவணை (15:1)

அட்டவணை 15 : 1 மின்காந்த அலைவரிசைத் தொகுதி

அலை நீளம்		அலை வரிசை	தொலைஉணர் அலை வரிசை
*நானோ மீட்டர்கள்	0.003	காமாகதிர்	
	0.03	எக்ஸ் - கதிர்	
	0.3		
	3	புற ஊதாக் கதிர்	
**மைக்ரோ மீட்டர்கள்	30 0.3	ஒளிக் கதிர்	நிழற்படம்
	3	அகச் சிவப்புக் கதிர்	வெப்ப - அகச்சிவப்பு நிழற்படம்
	30		
சென்டி மீட்டர்கள்	300 0.3	நுண்ணலைக் கதிர்	கே - ரேடார்
	3		எக்ஸ் - ரேடார்
	30		எல் - ரேடார்
மீட்டர்கள்	3	தொலைக்காட்சி அலைக் கதிர்	
	30		
	300	வானொலி அலைக் கதிர்	

* நானோமீட்டர் (Nanometer) = 1 மில்லி மீட்டரில் 100 கோடியில் 1 பங்கு (10^{-9} மீ.)

** 1 மைக்ரோமீட்டர் (Micrometer) = 1 மீட்டரில் 10 லட்சத்தில் ஆயிரத்தில் 1 பங்கு (10^{-6} மீ.)

மேலும் தகவல் தொடர்புக் கருவியைப் பூவி நோக்கியவாறு ஒரு பாகை அளவில் மிகக் குறுகலான கதிரலை தகவல்களைச் செலுத்த வேண்டி இருக்கும். இத்தகைய கருவிகளை இயக்குவதற்குத் குறைந்த அளவு மின்சாரமே போதும். குறைந்த மின்திறனில் நீடித்த உழைப்பு என்பதே அதன் செயல்பாட்டுத் தத்துவம்.

அலைவரிசைகள் (அட்டவணை 15 : 1)

செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்புக்குக் கீழ்க்காணும் அலைவரிசைகள் மட்டுமே மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

எல்-அலை வரிசை (L-Band) = 1 முதல் 2 கிகாஹெர்ட்சு வரை
எஸ்-அலை வரிசை (S-Band) = 2 முதல் 4 கிகாஹெர்ட்சு வரை
சி-அலை வரிசை (C-Band) = 4 முதல் 8 கிகாஹெர்ட்சு வரை
எக்ஸ்-அலைவரிசை (X-Band)= 8 முதல் 12 கிகாஹெர்ட்சு வரை
க்யு-அலைவரிசை (Ku-Band) = 12 முதல் 18 கிகாஹெர்ட்சு வரை
கே-அலைவரிசை (K-Band) = 18 முதல் 27 கிகாஹெர்ட்சு வரை
கா-அலைவரிசை (Ka-Band) = 27 முதல் 40 கிகாஹெர்ட்சு வரை

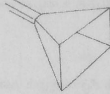
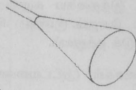
எனப் பல்வேறு "செந்தர எழுத்து இடுகுறிகள்" **(Standard Letter Designations)** வழக்கிலுள்ளன.

மின்காந்த அலைவரிசையில் 215 முதல் 260 மெகாஹெர்ட்சு வரை "பி-அலைவரிசை" **(P-Band)** எனப்படும்.

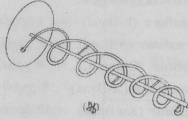
மேலும் எஸ் (ஒரு பகுதி) சி, எக்ஸ், க்யு, கே, கா (ஒரு பகுதி) அலை வரிசைகள் அடங்கியது 'மிகை உயர் அதிர்வெண்' அலைகள் (3–30 கிகாஹெர்ட்சு). இவற்றின் அலை நீளம் 1 முதல் 10 சென்டிமீட்டர்களுக்குள் அமைவதால் 'சென்டிமீட்டர் அலைகள்' **(Centimeter waves)** எனவும் சுட்டப்பெறும்.

அதனின் உயர்ந்த 'மீ உயர் அதிர்வெண்' அலைகளின் (30–300 கிகாஹெர்ட்சு) அலை நீளம் 1 முதல் 10 மில்லிமீட்டர்களாக அமைவதால், இவற்றை "மில்லி மீட்டர் அலைகள் **(Milli meter waves)** எனவும் குறிப்பது உண்டு.

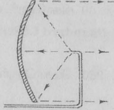
பொதுவாக 40–100 கிகாஹெர்ட்ஸ் அலைவரிசையில் கியு **(Q)** மற்றும் வி **(V)** வரிசை மின்காந்த அலைகள் இராணுவப் பயன்பாட்டிற்கு உரியனவாகும்.

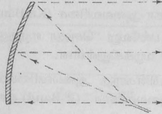
(அ)



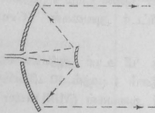
(ஆ)



(இ)



(ஈ)



(உ)

படம் 15.2 : பலவகை அலைதிரட்டி வடிவங்கள்

அலைதிரட்டிகள்

ஆங்கிலத்தில் 'ஆன்டெனா' (**antenna**) என்று சுட்டப்பெறும் அலை திரட்டிகள் இருவகைப்படும். ஒன்று, புவிநிலைய அலைதிரட்டிகள். மற்றொன்று விண்கல அலைதிரட்டிகள். (படம் 15 : 2)

அ) புவி நிலைய அலைதிரட்டிகள்

இவ்வகை அலைதிரட்டிகள் பெரும்பாலும் பரவளைவு அமைப்பு உடையவை. அவை விண்வெளித் தகவல்களை ஏற்று வாங்கிப் பிரதிபலித்துத் தகவல் சேகரிப்புத் துளைக்குள் (**aperture**) அனுப்பும். இத்தகைய பரவளைய பிரதிபலிப்பு அலைதிரட்டிகளின் (**paraboidal reflectors**) அளவு பெரிது ஆகுந்தோறும் தயாரிப்புச் செலவும் அதிகரிக்கும்.

ஆழ்விண்வெளி ஆய்வில் குறிப்பிடத்தக்க இடம் வகிப்பவை நுண்ணலை திரட்டிகளே (**microwave antennas**). அவை பெரும்பாலும் 26 மற்றும் 64 மீட்டர் குறுக்களவுகளைக் கொண்டவை. அவ்வாறே, புவி அருகு விண்வெளித் திட்டங்களில் 9 மற்றும் 12 மீட்டர் நுண்ணலை திரட்டிகளே போதுமானவையாகும்.

தவிரவும் நுண்ணலைகளைக் காட்டிலும் அதிர்வெண் குறைந்த 'அதி உயர் அதிர்வெண்' (**Very High Frequency – VHF**) மின்காந்த அலைகளை ஏற்று வாங்கிட 'யாகி' (**Yagi**) எனப்படும் மீன்முள் அமைப்புடன் கூடிய அலைதிரட்டிகள் உதவும். இது சாதாரணத் தொலைக்காட்சி நிலையங்களின் ஒளிபரப்புக் கோபுரங்கள் அனுப்பும் சமிஞ்ஞைகளை ஏற்கும் வகையில் நாம் வீடுதோறும் கையாளும் குறுக்குக் கம்பி 'ஆன்டெனா' (**antenna**) வகை ஆகும்.

ஆ) விண்கல அலைதிரட்டிகள்

விண்கலன்களில் இடம்பெறும் அலைதிரட்டிகள் மிகக் கூடுதல் நம்பகத் தன்மை உடையனவாக இருத்தல் வேண்டும். ஏனெனில் அவையே தகவல் தொடர்பின் உயிர்நாடியாகும். அவற்றின் செயல்பாட்டில் தடையோ கருதப்படும். பழுதோ ஏற்பட்டால் விண்கலனின் முழுத் திட்டமும் தோல்வி அடைந்ததாகவே கருதப்படும்.

ஆழ்விண்வெளியில் பறந்து அண்டவெளி நோக்கி இயங்கும் விண்கலன் களின் குறுக்களவு பல்வேறு தேவைகளுக்கு ஏற்ப மாறுபடும். அவற்றின் தகவல் சேகரிப்பு வேகம், அலைபரப்புத் திறன், அலைபரப்பு வேகம், பூமி

யிலிருந்து தொலைவு ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அவை 5 மீட்டர் குறுக்களவு வரை தயாரிக்கப்படலாம்.

புவி அருகு சுற்றுப்பாதைகளில் இயங்கி வரும் செயற்கைக்கோள்கள் உயர் ஏற்புத்திறன் **(high gain)** கொண்டவையாக இருக்கவேண்டும். அதே வேளையில் பல திசைகளிலும் திருப்பத் தகுந்ததாகவும் அமைதல் வேண்டும். ஏனெனில் புவியில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தை நோக்கியபடி சுற்றி வரும்போது செயற்கைக்கோளின் சூரியப் பலகை சூரியனை நோக்கியும், தகவல் அலை பரப்பிகள் பூமியை நோக்கியும் இருக்கவேண்டும்.

கணிப்பொறிகள்

ஏவுகலன் செலுத்துவதில் கணிப்பொறிகளின் பங்கு மிக அதிகம். தரைக் கட்டுப்பாட்டு அறையிலிருந்தவாறே அதனை ஏவிவிடவும், தொடர்ந்து கண்காணிக்கவும், கணிப்பொறிகள் உயிர்நாடி ஆகும். அதிலும் ஏவுகலன் செலுத்து வதற்கு ஒரு சில நிமிடங்களுக்கு முன்னதாகவே ஏவுகலனின் முழு இயக்கமும் கணிப்பொறி வசம் ஒப்படைக்கப்படும். ஏனெனில் தானியங்கு செலுத்து நிரல் தொடர் **(Auto Launch Sequence)** என்னும் ஆணைத் தொகுப்பே அதனை ஏற்று நடத்தும்.

தரவு சேகரிப்பு ஒருங்குகள் (Data Acquisition System)

விண்ணூர்தியில் மற்றொரு குறிப்பிடத் தகுந்த பகுதி, அதன் உபகரணங்களின் பயன்பாடு ஆகும். வெப்ப, காற்றழுத்த, ஈரப்பத, பயண மின்னியல் கருவிகள் அனுப்பும் தரவுகள் யாவற்றையும் சேகரிப்பதற்கான அமைப்புகளும் விண்கலன்களில் முக்கிய இடம் பெறுகின்றன. சேகரித்த தகவல்களைப் பத்திரப்படுத்திப் பாதுகாக்கவும், தேவைப்படும்போது மீட்டுப் பெறவும், பகுப்பாய்வு செய்யவும் இத்தரவுச் சேமிப்பு முறைகள் மிக இன்றியமையாதனவாகும்.

தரவுப் பதிவிகள் (Data Recorders)

இவ் அளவீடுகளை மின்குறியீடுகளாக இயல்மாற்றி 'அனலாக்' **(analog)** எனும் மின்உவமவியல் முறையிலோ, 'டிஜிட்டல்' **(digital)** மின்னிலக்கவியல் முறையிலோ கணிப்பொறிகளில் பதிவு செய்யலாம். இங்கு தொடர்ச்சியான அளவீடுகள் மின்உவமவியல் முறையிலும், துணுக்குத் துணுக்காகப் பெறப்படும் மின் சமிஞ்ஞைகள் மின்னிலக்கவியல் முறையிலும் பதிவாக்கப்படுகின்றன. வானூர்தி சேகரிக்கும் தகவல்களை ஆராய்வதில் புகைப்படப் பதிவிகள் **(photographic recorders)**, மின்னலைவு காட்டிகள் **(oscilloscopes)**, 'அனலாக்' காந்த நாடாக்கள், மின்னிலக்க நாடாக்கள் என வெவ்வேறு உபகரணங்கள் கையாளப்படுகின்றன.

16

தடமறிதல், தொலை அளப்பியல் மற்றும் தொலைக்கட்டளை

(அ) விண்கலன் தடமறிதல்

விண்கலப் பயணத்தடம் அறிதலின் அடிப்படை நுட்பங்கள் இருவகைப் படும். ஒன்று புவிநிலையக் கருவிகள் சார்ந்தது. மற்றொன்று ஏவூர்தி அல்லது விண்கலனின் நிலைத்துவப் பயண அமைப்பு முறை **(Inertial Navigation System)** சார்ந்தது.

1. புவிநிலையக் கருவிகள்

முதல் வகையில் பயன்படும் உபகரணங்களை இரு பெரும்பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்.

ஒன்று, ஒளியியல் உபகரணங்கள் **(Optical instruments)** அல்லது மின் காந்தக் கருவிகள் **(Electro-magnetic equipments).**

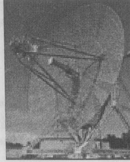
ஒளியியல் உபகரணங்களில், 'இயங்கு மட்ட, குத்து அளவி' **(cinithedo-lites)**, நகர்ந்தவாறே தொடர்ந்து படம்பிடிக்கும் படக்கருவிகள் **(ballistic cameras)**, பாக்கர்-நன் படக்கருவிகள் **(Baker-Nunn cameras)**, லேசர் உதவியுடன் தடம் அறியும் கருவிகள் போன்றவை அடங்குவன.

மின்கதிரலைக் கருவிகள் மின்காந்த அதிர்வெண்ணில் செயல்படுபவை. அவற்றில் பல்வேறு ரேடார்களும், வினைபுரி மற்றும் வினையறு சுதிரலைக் குறுக்கீட்டளவிகளும் **(active and passive radio interferometers)** அடங்கும். 'டாப்ளர்' அமைப்புகளில் இந்த வகைத் தடமறி கருவிகள் குறிப்பிடத்தக்கவை. இவற்றின் உதவியால் விண்ணூர்தியின் விரைவூட்டமும் **(acceleration)**, பயண வேகமும், இயங்கு திசையும் அளவிடப்படலாம். விண்கலனின் விரைவூட்டம்

ஆகிய வேக வளர்ச்சியில் இருந்து அதன் வேகமும், வேக அளவில் இருந்து விண்கலனின் இருப்பிடமும் நிர்ணயிக்கப்படும்.

தடமறி ரேடார்

தடமறி ரேடார் **(tracking radar)** என்பது மின்காந்தக் கதிரலைகள் உதவியினால் ஏவூர்தியின் இருப்பிடம் மற்றும் தொலைவினை **(Radio Detection and Ranging)** அறிந்து கொள்ள உதவும் கருவியாகும். (படம் 16:1) ரேடார் கருவியில் இரு வகை நுட்பங்கள் உள்ளன.



படம் 16.1 : 'டாப்ளர் விளைவு' விளக்கப்படம்

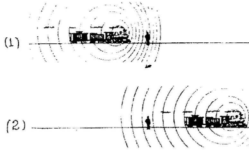
அ) மின்னணு வலவுக் கருவி

மின்னணு வலவுக் கருவி **(Electronic Pilotage Equipment)** எனும் இந்த உபகரணத்தில் ரேடார் திணைப்படம் காட்டும் வட்டத்திரை ஒன்று உள்ளது. ஏறத்தாழ தொலைக்காட்சித் திரை நுட்பம் போன்றது இந்த ரேடார் திரை. அதில் பயணத் தல அமைப்பின் முழுத்தகவலையும் காணலாம். பயணத் தடம் ஏற்கெனவே பதிவாகியுள்ள திணைப்படத்துடன் இங்கு ஒப்புநோக்கிக் காட்டப்படும். அதனால் இதனை 'மின்னணு வலவுக் கருவி' என்கிறோம்.

ஆ) மின்னணு பின்னிழுப்பு அளவி

இந்தக் கருவியில் 'டாப்ளர் பின்னிழுப்பு' **(Doppler drift)** நுட்பம் கையாளப் பெறுகிறது. தரைநிலையத்தின் ரேடார் கருவியில் இருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் மின்காந்த அலைவீச்சு ஏவூர்தி நோக்கி செலுத்தப் படும். ஆயின் அது ஏவூர்தியில் பட்டுப் பிரதிபலித்து மீளும் அதிர்வெண் குறைந்த அளவு உடையதாகத் தோன்றும்.

எடுத்துக்காட்டாக, தூரத்தில் வந்து கொண்டிருக்கும் இரயில்வண்டியின் விசில் ஒலிச் சத்தம் நம்மை நெருங்கும்தோறும் அலைநீளம் குறைந்த கிரீச்சொலி ஆகக் கேட்கும். அதாவது அதிர்வெண் அதிகரிக்கும். அதே வேளையில் வண்டி நம்மைக் கடந்து விலகிச் செல்லும்போது அதே ஒலி அதிர்வெண் குறைந்தது போலத்தோன்றும். (படம் 16:2)



1. தொலைவிலிருந்து வரும் கிறீச்சொலி
   (அதிர்வலைகள் நெருக்கமாக உள்ளன)
2. விலகிச் செல்லும் அகன்ட ஒலி
   (அதிர்வலைகள் அகன்று உள்ளன)

டாப்ளர் விளைவில் புகைவண்டிச் சத்தம்

நகரும் பொருளின் விரைவு

$$= \frac{1}{2} \text{ (டாப்ளர் அதிர்வெண் × அலைநீளம்)}$$

படம் 16.2: டாப்ளர் விளைவு

இந்த இரண்டு அதிர்வெண்களுக்கு இடையிலான 'தோற்ற' வேறுபாடு 'டாப்ளர் அதிர்வெண்' **(Doppler Frequency)** எனப்படும். இந்த அளவினை ரேடார் அலைநீளத்தால் பெருக்கிய அளவில் பாதியே ஏவூர்தியின் விரைவு **(velocity)** ஆகும்.

2. நிலைத்துவப் பயண அமைப்பு முறை

விண்கலனின் தடமறிதலில் 'நிலைத்துவப் பயண அமைப்பு' இரண்டாவது வகை சார்ந்தது. இதில் நிலைச்சுற்றி எனப்படும் 'ஜைரோ' (gyro) அல்லது உந்தச் சக்கரம் **(Momentum Wheel)** முக்கிய இடம்பெறும்.

இதுபற்றி ஏற்கெனவே 'பயணக் கட்டுப்பாடு மற்றும் நெறிப்பாடு' எனும் அத்தியாயத்தில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

செயற்கைக்கோளானது தனக்குள் இடம்பெறும் நிலைச் சுற்றி அல்லது உந்தச் சக்கரத்தின் உணர்வால் தன் திசையை அல்லது இயக்கத்தை அறிந்து கொள்ளும்.

இந்த நிலைச்சுற்றி, உந்தச் சக்கரம் போன்றவை நிலைத்துவப் பயண அமைப்பு சார்ந்தவை. இவற்றின் உதவியால் ஏவூர்தி அல்லது செயற்கைக் கோளின் இருப்பிடம், வேகம், விரைவூட்டம் (முடுக்கம்) ஆகிய அளவுகளை அளந்து அறியலாம்.

(ஆ) தொலைஅளப்பியல் (Telemetry)

தொலைவில் உள்ள ஒரு பொருளிலிருந்து சாதாரண முறைகளில் நேரடியாகப் பெற இயலாத தகவல்களை அளந்தறியும் தொழில்நுட்பம் தொலை அளப்பியல் **(Telemetry)** எனக்குறிப்பிடப் பெறுகின்றது.

மின்திறன் உற்பத்தி, பங்கீட்டு முறைகள், எண்ணெய் வள ஆய்வு, சுரங்கப்பணிகள், கடல்வள இயல், வானிலை ஆய்வு, காற்று விண்வெளித் தொழில்துறைகள் எனப் பல்வேறு இடங்களில் தொலை அளப்பியல் முறைகள் கையாளப்பட்டு வருகின்றன.

தொலை அளப்பியலானது, தொலைத்தகவல் தொடர்பு **(Telecommunication)**, கருவிகள் கூட்டமைவு **(Instrumentation)** ஆகிய இரு பெரும் பிரிவுகளை உள்ளடக்கிய துறையாகும்.

வகைப்பாடு

தொலை அளப்பியல் அமைப்புகளைக் கீழ்க்காணும் முப்பெரும் வகைகளில் பிரித்துப் பார்க்கலாம்.

1. தகவல் பரப்பு ஊடகம்
2. தகவல் அலை அதிர்வெண்கள்
3. அலைப் பண்பேற்ற நுட்பங்கள் **(Modulation techniques)**

தகவல் ஊடகம்

ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குத் தகவல் அனுப்பப்பெறும் நுட்பத்தினைப் பொறுத்து, 'கம்பிவழித் தொலை அளப்பியல்' **(Line Telemetry)**, 'காற்று - விண்வெளித் தொலை அளப்பியல்' **(Aerospace Telemetry)** என இருவகைப்படுத்தலாம்.

முதல் முறையில் தந்தி, தொலைபேசி இணைப்புகள் போன்று கம்பி களின் வழியாகச் செய்திப் பரிமாற்றம் நடைபெறும்.

அதாவது ஒலி அல்லது ஒலிக்குறிப்புகள் துடிப்புகளாக **(Pulses)** மாற்றப்பட்டு ஓரிடம்விட்டு ஓரிடத்திற்குக் கம்பிகளின் வழியே செலுத்தப்படு கின்றன.

இரண்டாவதான 'காற்று - விண்வெளித் தொலை அளப்பியல் முறை', விமானம், ஏவூர்தி, செயற்கைக்கோள் போன்றவற்றிலிருந்து தகவல்களைப் பெற உதவுகிறது. அதிலும் காற்று அல்லது விண்வெளியில் பறக்கும் வானூர்தி அல்லது ஏவூர்தியில் இருந்து தகவல்பெறும் இயலினை 'ஊர்தித் தொலை அளப்பியல்' **(Vehicle Telemetry)** என்றும், விண்வெளியில் சுற்றி வரும் செயற்கைக்கோளிலிருந்து தரவுகள் சேகரிக்கப் பயன்படும் முறையினைச் 'செயற்கைக்கோள் தொலை அளப்பியல்' **(Satellite Telemetry)** என்றும் வழங்குகிறோம்.

(அ) ஊர்தித் தொலை அளப்பியல்

பொதுவாக, பயண வானூர்திகளில் உபகரணங்கள் வழி சேகரிக்கப்படும் காற்றுவெளித் தகவல்களைப் புவியிலுள்ள தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையங் களுக்கு அனுப்ப இம்முறை உதவுகிறது.

ஏவூர்தி பறக்கும் நிலையில் திரட்டப்படும் தகவல்கள் குறிப்பாக மூவகைப் படும்.

1) ஒரு குறிப்பிட்ட ஏவூர்தியினை அல்லது செயற்கைக்கோளினை அதன் இருப்பிடத்திலேயே நிலைநிறுத்தும் செயல்பாடு **(house keeping).**

2) விண்கலனின் நடத்தை அல்லது செயற்பாங்கு **(attitude).**

3) ஏவூர்தியின் பயன் சுமை **(payload)** அல்லது செயற்கைக்கோள் சுமந்து செல்லும் கருவிகளிலிருந்து அவ்வப்போது சேகரிக்கப்படும் தரவுகள். குறிப்பாக, உபகரணப் பெட்டகங்கள், சூரியப் பலகைகள், நடத்தைக் கட்டுப்பாட்டு உந்துபொறிகள், திரவ எரிபொருள்களின் அழுத்தம், திரவ மட்டம் போன்ற தகவல்கள் இதில் அடங்குவன.

இங்ஙனம் ஊர்தி தொலை அளப்பியலில் திரட்டப்படும் தகவல்களில் தொழில்நுட்பவியல் தரவுகளும், அறிவியல் விவரங்களும் அடங்குவனவாகும்.

பறக்கும் நிலையில் ஏவூர்தியின் செயல்திறனை மதிப்பிடத் தேவையான அளவைகள் **(parameters)** பெரும்பாலும் தொழில் நுட்பவியல் தரவுகள்

(technological data) ஆகும்; ஏவூர்தி ஏற்று உணரும் வெப்பம், அழுத்தம், அதிர்வு, பாய்ம வீதம் **(flow rate)** வேக வளர்ச்சி போன்றவை இவை.

அறிவியல் தரவுகளில் **(scientific data)** அயன மண்டல இயற்பியல் **(Ionospheric physics),** அயன மண்டல வேதியியல் **(Ionospheric chemistry),** வானிலை ஆய்வுத் தரவுகள், எக்ஸ்-கதிர் வானவியல் **(X-ray Astronomy)** என்பன சிலவாகும்.

இவ்வகைத் தகவல்களைச் சேகரிப்பதற்கு, ஏவூர்தியில் தள கணிப்பொறி கருவி அமைப்புகளும் **(on-board systems)** தரைக் கட்டுப்பாட்டு மையங்களில் தகவல் ஏற்பு அமைப்புக் கருவிகளும் வேண்டப்படுவனவாகும்.

தகவல் பரப்பு அமைப்பு

1. இயல்மாற்றிகள் **(Transducers)**
2. சமிஞ்ஞைப் பதப்படுத்திகள் **(Signal conditioners)**
3. அடிப்பட்டை அலைவரிசை அமைப்பு **(Base Band system)**
4. வானிலை அதிர்வெண் பரப்பிகள் **(Radio Frequency transmitters)**
5. அலைபரப்பி **(Transmitting antenna)**

தகவல் ஏற்பு அமைப்பு

1. வானிலை அதிர்வெண் அலைதிரட்டி **(Radio Frequency Receiving Antenna)**
2. வானலை அதிர்வெண் ஏற்பி **(Radio Frequency Receiver)**
3. அடிப்பட்டை அலைவரிசை குறியீடு அகற்றி **(Base Band Decom mutation)**
4. வெளிப்பாடு மற்றும் பதிவாக்கக் கருவிகள் **(Display and Recording Devices)**

தொடர்பு முறை

1. இயல்மாற்றிகள் (transducers)

பறந்து செல்லும் ஏவூர்தி உணரும் வெப்பம், அழுத்தம் போன்ற அந்த ஒவ்வோர் அளவும் முதலில் மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தமாக இயல்மாற்றப்பட வேண்டும். இதற்கு உதவும் கருவிகள் 'இயல்மாற்றிகள்' எனப்படுவனவாகும்.

வானூர்தியில் மின்தகவு அளவிகள் **(potentiometers)**, வேக வளர்ச்சி அளவிகள் **(accelerometers)**, குத்துயரம் அளக்கும் ‘ஜைரோ’ **(gyro)** எனும் நிலைச்சுற்றிக் கருவிகள், வேக அளப்பு ‘ஜைரோக்கள்’ **(rate gyros)**, வெப்ப மின் இரட்டைகள் **(thermocouples)**, தகைவு அளவிகள் **(strain gauges)** போன்ற மின் இயல் மாற்றிகள் இடம் பெறுகின்றன.

காற்று வேகம், பறக்கும் உயரம், கட்டுப்பாடு-நெறிப்பாடு நிலைகள், உந்துபொறி அழுத்தம், வானூர்தியின் மேல்பரப்பில் காற்று உராயும் அழுத்தம், பொறி கலன்களின் புற வெப்பநிலை, வெளிக்காற்று வெப்பநிலை, வானூர்தியின் இயக்கக் கோண அளவுகள், விரைவூட்டம், பிற அழுத்தங்கள் எனப் பல்வேறு இயற்பியல் பண்புகளை மின்சமிஞ்ஞைகளாக உருமாற்றி உதவுகின்றன. இந்த இயல்மாற்றிகளால் பதிவாக்கப்படும் தகவல்கள், ஏவூர்தியின் அலைபரப்பிகள் **(antennas)** உதவியால் தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையத்திற்கு அனுப்பப்படும்.

2. சமிஞ்ஞை வழிப்படுத்திகள் (Signal Processors)

அளக்கப்பட வேண்டிய ஒவ்வோர் அளவைக்கும் ஏற்றபடி ஏவூர்தியில் தனித்தனி இயல்மாற்றிகள் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். ஆயின் ஏவூர்தியிலிருந்து ஒரே தொடர்போடை **(Channel)** வழியாக அனைத்துத் தகவல்களையும் கூட்டிச் சேர்த்து அனுப்பினால் குழப்பம் ஏற்படும். இதற்காக ஒவ்வோர் அளவையினையும் கையாள்வதற்குத் தனித்தனித் தொடர்போடைகள் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, முதல் தொடர்போடையில் வெப்ப அளவு, இரண்டாவதில் அழுத்த அளவு என்று ஒன்றன்பின் ஒன்றாக வரிசைப்படுத்தி அனுப்ப வேண்டும்.

3. அடிப்பட்டை அலைவரிசை அமைப்பு

ஏவூர்தியிலிருந்து இவ்வகைத் தரவுகளை அனுப்ப ஒரு குறிப்பிட்ட மின்காந்த அலைவரிசையினைக் கையாளுகிறோம். இதனையே ‘அடிப்பட்டை (அலைவரிசை) அகலம்’ **(Base Band Width)** என்கிறோம்.

4. பண்பேற்றம்

ஏவூர்தி அளந்து வைத்துள்ள தகவலினைத் தகவல் சுமப்பு அலையில் தகுந்தபடிப் பண்பேற்றிப் புவி கட்டுப்பாட்டு மையத்திற்கு அனுப்ப வேண்டும். எனவே ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் கொண்ட சுமப்பு அலையின் வீச்சு

(amplitude), அதிர்வெண் **(frequency)**, தறுவாய் **(phase)** ஆகியவற்றுள் ஏதேனுமொரு பண்பினில் தகவலை ஏற்றி அனுப்பிவிடலாம். இவ்வகைப் பண்பேற்றங்கள் முறையே அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம் **(Amplitude Modulation)**, அதிர்வெண் பண்பேற்றம் **(Frequency Modulation)**, தறுவாய்ப் பண்பேற்றம் **(Phase Modulation)** என மூவகைப்படும்.

5. பின்னல்வகை (Multiplexing)

(அ) இந்த அலைவரிசைக்குள் அடங்கும் அலைகளை அதிர்வெண் அடிப்படையில் பல கூறாக வகுத்து ஒவ்வொன்றினையும் தனித்தனி தொடர்போடையாகப் பயன்படுத்தலாம். இதனை 'அதிர்வெண் வகுப்பீட்டுப் பின்னல்' **(Frequency Division Multiplexing)** என்று எளிமையாகக் குறிப்பிடலாம்.

இங்கு ஒவ்வோர் அதிர்வெண்ணையும் தொடர்போடைக்கு ஏற்றபடிப் பிரித்து அதில் தகவல் பண்பேற்றி விடுவதால், இதனை 'அதிர்வெண் பண்பேற்றம்' **(Frequency Modulation)** எனவும் குறிப்பிடலாம்.

(ஆ) அலைவரிசையின் கால அளவினைப் பல்வேறு இடுகல் (slot) அமைப்புகளாகப் பிரித்து ஒவ்வொரு கால இடுக்கிலும் வெவ்வேறு தகவல் தரவினை நுழைத்தும் அனுப்பலாம். இம் முறையினைக் 'கால வகுப்பீட்டுப் பின்னல்' **(Time Division Multiplexing)** எனலாம். ஒரே புகைவண்டித் தொடரின் பல்வேறு பெட்டிகளில் சரக்கு ஏற்றி அனுப்புவது போன்ற நுட்பம் இது.

பறந்து செல்லும் ஊர்தி திரட்டும் தகவல்களை நிரல்படுத்தி **(Sequencer)** எனும் மின்னணுவியல் கருவி ஒன்றன்பின் ஒன்றாக இந்த காலவகைத் தொடர்போடையினுள் வரிசையாக ஏற்றிவிடும். இங்ஙனம் சேகரிக்கப்படும் தனித்தனித் தரவுகள் ஒவ்வொரு தொடர்போடைக்குள்ளும் கால வரிசையில் தனித்தனித் துடிப்புகளாக நுழைந்து திரள்வதால் அவற்றின் அலைவீச்சு **(amplitude)** உயரும். இது 'துடிப்பு அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம் **(Pulse Amplitude Modulation)** எனக் குறிப்பிடப்பெறும்.

மேலும் இந்த மின் துடிப்பிற்குத் தனிப்பட்ட குறியீடுகள் வழங்கியும், மின்காந்த அலைகளில் தகவல் பண்பினை ஏற்றலாம். இம்முறையினை 'துடிப்புக் குறியீட்டுப் பண்பேற்றம்' என்கிறோம். சுருக்கமாக இதனையே 'துடிப்பலைப் பண்பேற்றம் அல்லது குறிப்பேற்றம்' **(Pulse Code Modulation)** எனவும் வழங்குவர்.

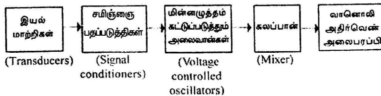
மேலும் வெவ்வேறு ஏவூர்திப் பயணத்திட்டத்திற்கும் ஏற்ப வெவ்வேறு தொடர்போடைகளும் தொலை அளவியலுக்கான குறியீடுகளும் வழங்கிடப் பொதுவானதொரு குழு உண்டு. அது 'களங்களிடைக் கருவியியற் குழு' **(Inter- Range Instrumentation Group)** எனப்படும்.

இங்ஙனம் அதிர்வெண் பண்பேற்றம் அல்லது துடிப்பலைக் குறிப்பேற்றம் எனும் பின்னல் வகையில் அனுப்ப வேண்டிய தகவல் உருவாகிறது.

6. அலைபரப்பி

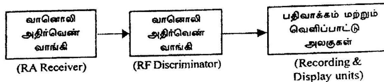
பூமிக்குத் தகவலை அனுப்பி வைக்க விண்கலன்களின் தள அலைபரப்பி **(onboard antenna)** உதவுகிறது.

இங்ஙனம் தரைக் கட்டுபாட்டு நிலையத்திற்கு வந்து சேரும் தகவல் வலைப்பின்னல் **(multiplexing),** சுமப்பு அலைப் பண்பேற்றம் **(Carrier Modulation)** ஆகிய இரண்டு இயல்புகளைப் பொறுத்து, தொலை அளப்பியல் நுட்பத்தினை துடிப்பலைப்பண்பேற்றம்/அதிர்வெண் பண்பேற்றம் **(PCM/FM)** என்றோ, அதிர்வெண் பண்பேற்றம்/அதிர்வெண் பண்பேற்றம் **(FM/FM)** என்றோ குறிப்பிடலாம் (படம் 16:3, 4). இதில் மேலும் பலவகைத் தொழில்நுட்ப உத்திகளும் கையாளப்படுவதுண்டு.



ஊர்தியிலுள்ள அதிர்வெண் பண்பேற்றம்/ அதிர்வெண் பண்பேற்றத் தொலை அளப்பியல் அமைப்பு

படம் 16.3: ஊர்தியில் தொலை அளப்பியல் (FM/FM)



தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தில் அதிர்வெண் பண்பேற்றம்/ அதிர்வெண் பண்பேற்றத் தொலை அளப்பியல் அமைப்பு

படம் 16.4: தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தில் தொலை அளப்பியல் (FM/FM)

7. தகவல் ஏற்பு

தரைக் கட்டுப்பாட்டு மையத்தில் விண்கலன்கள் அனுப்பும் தகவலைத் 'தோலுரித்து அறியும்' நுட்பம் உள்ளது; தரவுகளின் குறியீடுகளை அகற்றித் தகவல்களை ஏற்கும் செயல்பாடு அது.

ஏவூர்தி அனுப்பும் தரவுகள் முதலில் அலை திரட்டியினால் **(antenna)** ஏற்கப்பட்டு அவற்றின் திறன் மிகைப்படுத்தப்படும் **(preamplified).** பின்னர் அது அலை வாங்கிகளுக்கு **(receivers)** அனுப்பப்படும். அடுத்த கட்டத்தில் வானலை அதிர்வெண் பண்பு இறக்கம் **(demodulation)** நிகழும்.

அதன்பின் அதிர்வெண் பின்னல் அவிழ்ப்பு **(frequency discriminations)** நடைபெறும். அதன்வழி ஒவ்வொரு தொடர்போடைக்குள்ளும் ஒளிர்ந்திருக்கும் தரவுக்குறிப்பு **(data signal)** ஒவ்வொன்றும் கட்டவிழ்க்கப்பட்டுத் தகவல் பெறப் படும்.

நம் நாட்டின் எஸ்.எல்.வி-3 **(SLV-3)** எனப்படும் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலனில் **(Satellite Launch Vehicle)** ஒரே ஒரு துடிப்பலைக் குறிப்பேற்றத் தொலை அளப்பியும், மற்றுமொரு அதிர்வெண் பண்பேற்றத் தொலை அளப்பியும் பயன்படுத்தப்பட்டன. தவிர ஏ.எஸ். எல்.வி. **(ASLV)** எனப்படும் திறன்கூட்டிய செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன் **(Augumented Satellite Launch Vehicle),** பி.எஸ்.எல்.வி **(PSLV)** எனப்படும் துருவப் பாதைச் செயற்கைக் கோள் ஏவுகலன் **(Polar Satellite Launch Vehicle)** போன்ற புதிய ஏவூர்திகளில் துடிப்பலைக் குறிப்பேற்றத் தொலை அளப்பியலே பெரிதும் கையாளப் படுகின்றது.

தகவல் அலை அதிர்வெண்கள்

அவ்வாறே தகவல் தொடர்பினுக்கு இதுவரை பி- அலைவரிசையில் **(P-Band)** 240 மெகா ஹெர்ட்சு **(Megahertz)** அலைகளைப் பயன்படுத்தி வந்தாலும், இன்று எஸ் - அலை வரிசையில் **(S-Band)** 2200 மெகா ஹெர்ட்சு அதிர்வெண் கொண்ட அலைகளையும் கையாண்டு வருகிறோம். இதன் உதவியால் பறந்து செல்லும் ஏவூர்தியிலிருந்து 800 அளவைகள் தனித்தனியே பதிவாக்கப்படும்.

தகவல் சட்டம்

ஏவூர்தியிலிருந்து தகவல்கள் அனைத்தும் மின்துடிப்புகளாக புவி வந்து சேருகின்றன.

எடுத்துக்காட்டாக மின் விளக்கைப் போட்டுப் போட்டணைத்தால் வெளிச்சம், இருட்டு என்கிற இருநிலைகள் ஏற்படும் அல்லவா?; உண்டு - இல்லை என்று பொருள் கொள்ளலாம். இம்முறையை எண்களில் '1' '0' (ஒன்று, சுழி) ஆகிய இரண்டு இலக்கங்களால் குறிப்பிடலாம். இந்த ஈரிலக்கமே **(binary digit)** ஆங்கிலத்தில் சுருக்கமாக 'பிட்டு' **(bit)** என்று அழைக்கப் படுகிறது. கணிப்பொறி மொழியே இந்த ஈரிலக்கங்கள்தாம்!

இரண்டு இலக்கங்களில் 1, 0 ஆகிய இருமை நிலைகள் இடம் பெறுவதால் 4 'பிட்டு'ச் சொற்கள் பிறக்கின்றன. ($2^2 = 4$)

0 0

0 1

1 0

1 1

அவ்வாறே எட்டு இலக்கங்களில் இந்த ஒன்றும் (1), சுழியும் (0) இடம் பெறுவதைப் பொறுத்து $2^8 = 256$ சொற்கள் **(words)** பெறப்படும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 8 பிட்டுகள் கொண்ட துடிக்குறிப்பேற்ற அமைப்பில் 1.28 வோல்ட்டு மின்னழுத்தம் ஊட்டும் குறிப்பு "01000000" என்னும் ஒரு 'சொல்லாகக் கருதப்படும்'.

தகவல் தொடர்பு முறையில் இவ்வகை 67 சொற்கள் அடங்கியது ஒரு துணைச் சட்டம் **(sub – frame)** எனப்படும். இங்ஙனம் 8 துணைச் சட்டங்கள் கொண்டது ஒரு முதன்மைச் சட்டம்.

ஏவூர்தியின் எழுநிலை **(take-off)** தொடங்கி இந்தச் சட்டங்களும் கால அடிப்படையில் இயக்குவிக்கப்படுவதால், தொடர்ந்து தகவல்களைக் குழப்ப மின்றி வரிசையாகப் பெற முடிகிறது.

அன்றியும் ஏவூர்தியின் பயணம் நிறைவுறும் வரை அதன் தொலை அளப்பியல் ஒருசில நிமிடங்கள் நீடிக்கும். ஆயின் செயற்கைக்கோளின் தொலை அளவியல் அமைப்போ பல ஆண்டுகள் வரை தொடர்ந்து உழைத்தாக வேண்டும்.

அனைத்திற்கும் மேலாக இன்றுவரை சுமார் 3000க்கும் அதிகமான செயற்கைக்கோள்கள் ஒரே அளவு அலைவரிசைக்குள் குறிப்பாக 136-138 மெகா ஹெர்ட்சு அலைகளில் இயங்கி வருகின்றன. இதனால் தகவல் குறுக்கீடுகள் ஏற்படவும் வாய்ப்புண்டு.

செயற்கைக்கோள் தொலை அளப்பியலில் தகவல் அலைகள் நெடுந்தொலைவிலிருந்து வரவேண்டியவை. அதனால் அவற்றின் சமிஞ்ஞைகள் வலுவிழந்து திறன்குன்றிப் போகும். அன்றியும் பொதுவாகச் செயற்கைக்கோள் அனுப்பும் தகவல் வேகம் சற்று குறைந்த அளவிலேயே அமையும். ஆதலால் இங்கு மிக நுட்பமான அலை திரட்டியும், அலை வாங்கி முறையும், திறன் மிகைப்பிகளும் பிறவும் தேவைப்படும்.

எடுத்துக்காட்டாக, வியாழன் கோளுக்கு அனுப்பப்பட்ட அமெரிக்க கலீலியோ விண்கலத்தின் தகவல் வேகம், நொடிக்கு 40 பிட்டுகள். நம் நாட்டு ஆப்பிள் செயற்கைக்கோளின் தகவல் அனுப்பு வேகம், நொடிக்கு 64 பிட்டுகளே. பாஸ்கரா செயற்கைக்கோள் தகவல் வேகம், நொடிக்கு 225 பிட்டுகள். சூரிய மண்டலம் கடந்து அண்ட வெளிக்குள் பயணம் செய்யும் வாயேஜர் நொடிக்கு 26000 'பிட்டுகள்' வீதம் தகவல் அனுப்பி வந்தது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

இங்ஙனம் விண்வெளி ஆய்வில் தொலை அளப்பியல் தொழில் நுட்பம் சிறப்பிடம் பெறுகிறது.

(இ) தொலைக்கட்டளை (Telecommand)

ஊர்தி தொலை அளப்பியலுக்கும் தொலைக் கட்டளைக்கும் அடிப்படையில் அதிக வேறுபாடில்லை.

ஆயினும் சமிஞ்ஞை சேகரிப்பதில் (signal acquisition) எழும் வேறுபாடுகள் தவிர்க்கப்பட வேண்டும். ஏவூர்தி செலுத்தப்படுகின்ற காலத்தினைத் துல்லியமாகக் குறித்துக்கொள்ள முடிவதாலும், அதில் இடம்பெறும் கருவிகளும் அதே கணப்பொழுதில் துவக்கி வைக்கப்படுவதாலும் ஏவூர்தி தொலை அளப்பியல் அமைப்புகளிலிருந்து பிழையின்றித் தகவல்களைப் பெறமுடியும்.

ஆனால் தொலைக்கட்டளை அமைப்பில் சமிஞ்ஞைகள் தரை நிலையங் களில் இருந்து ஏவூர்திக்கோ, விண்கலனுக்கோ அனுப்பப்படும். ஏவூர்தி நாம் முன்னரே கணித்து வைத்தபடி பறந்து சென்று செயற்கைக்கோளைச் சுற்றுப்பாதையில் இறக்கிவிடும். ஆயின் ஏவூர்தி, தடம் பிறழும் நிலையில் அதன் தள கணிப்பொறியினால் ஏவூர்திப் பயணத் தடத்தைத் திருத்தித் திட்டமிட்டப் பாதையில் வழி நடத்த இயலும். அன்றியும் சில பயணங்களில் அவ்வப்போது ஏவூர்தியோடு தொடர்பு கொண்டு தேவையான ஆணைகள் பிறப்பிக்கலாம்; தொலைக்கட்டளை அமைப்பு இதற்கு உதவுகிறது.

அன்றியும் புவி சுற்றி வரும் செயற்கைக்கோள்களுடனும் புவி நிலையத்தில் இருந்து தொலைக்கட்டளை அமைப்பின் வழி தொடர்பு கொள்ள இயலும்.

பண்பேற்றத் தொழில்நுட்பங்கள் (Modulaton techniques)

பொதுவாக மின்காந்த அலைத்தொடர்புகளே விண்கலன் தகவல் தொடர்பில் சாத்தியம் என்று கண்டோம். அதிலும் விண்கலன் எடுத்த படங்கள், தகவல் பண்புகளை மின்காந்த அலைகளின் மீது ஏற்றி அனுப்புவதே தனித் தொழில்நுட்பம். அதுவே 'பண்பேற்றத் தொழில் நுட்பம்' எனப்படும்.

துடிப்பலைக் குறிப்பேற்றம் **(Pulse-Code Modulation-PCM)** என்பதில் தகவல் சுமப்பு அலைகளைக் **(Carrier waves)** கால அடிப்படையில் துண்டு களாகப் பிரித்துக் கொள்வர். அவ்விதம் தேர்ந்தெடுத்த துண்டுகளே தகவல் மாதிரிகள் **(samples).** ஒவ்வொரு துண்டிலும் தனித்தனி தகவல் தொகுப்புகளை ஏற்றித் தொடர்ந்து அனுப்பும் இந்த முறை பெரும்பாலும் தொலைபேசியில் நாம் பேசுவதைப் போன்றதாகும்.

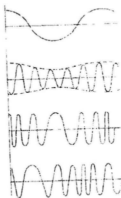
இங்குத் தகவல்கள் தொடர்ச்சியான உவமக் (ஒப்புமை) குறிப்புகளாக **(analog signals)** வெளிப்படும். (படம் 16:5)

பண்பேற்கும் அலை

அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம்

அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

தறுவாய்ப் பண்பேற்றம்



படம் 16.5 : உவமவியல் பண்பேற்ற வகைகள்

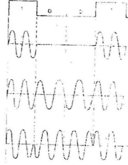
அவை மின் இலக்கக் **(digital)** குறிப்புகளாக மாற்றப்பட்டு அலைபரப்பப்பட வேண்டும். (படம் **16:6**) கணிப்பொறியில் கையாளப்படும்

பண்பேற்றம் சமிஞ்ஞை

அலைவீச்சுப் பெயர்வு விசையூட்டல்

அதிர்வெண் பெயர்வு விசையூட்டல்

தறுவாய் பெயர்வு விசையூட்டல்



படம் **16.6 :** இலக்கவியல் பண்பேற்ற வகைகள்

பூஜ்யம்-ஒன்று என்னும் இருமை **(binary)** நிலையில் அலைத்துடிப்புகள் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத் துணுக்கினுள் எட்டு இலக்கங்கள் வீதம் அனுப்பப்பெறும். அன்றியும் தேர்ந்தெடுத்த வேறு பல இலக்கத் தொகுப்புகளாகவும் தகவல்கள் வெளிப்படும். அவை காலத்தோடு ஒத்து இயக்கப்பட்ட தகவல்கள் துடிப்பு அலைகளாகப் பரப்பப்படுகின்றன. இவ்விதம் விண்கலன் பயன்பாட்டில், அறிவியல் தரவுகளும், தொலைக் கட்டளைகளும் துடிப்புக் குறிப்பேற்ற அலைகளாகவே அனுப்பப்படுகின்றன.

இத்தகவல் குறியீடுகளைக் கட்டவிழ்த்துப் புரிந்து கொள்ளக் குறியீடு அகற்றி முறைகள் **(decoding systmes)** உள்ளன. அதிவேகத் தகவல் திரட்டுதலில் 'காலத் தருண இடமாற்றி அமைப்பு' **(Quadri-Phase Shift Keying-QPSK)** நுட்பம் தேவைப்படும்.

இத்தகையத் தடமறிதல் தொலை அளப்புச் செயல்பாட்டிற்கென விண்கலன்களில் அலையேற்றுப் பரப்பிகள் **(spacecraft transponders)** இடம்பெறுகின்றன.

17

விண்கலன் வகைகள்

விண்கலன்களை அவற்றின் பணித் திட்ட அடிப்படையில் இருபெரும் பிரிவுகளாக வகுக்கலாம்; அவை வலவன் அற்ற விண்கலம், வலவன் ஓட்டும் விண்கலம் எனப்படுவன.

அதிலும் ஆளின்றி விண்ணில் செலுத்தப்பெறும் விண்கலன்களையும் அறிவியல், பயன்பாடு, தொழில்நுட்பம், பன்னாட்டு விண்கலப் பயணம் ஆகிய நான்கு பிரிவுகளில் தொகுக்கலாம்.

1. அறிவியல் விண்கலன்கள் இடம்பெறும் துறைகள் வருமாறு:

(1) புவி மற்றும் உயிர் அறிவியல் துறைகள்
(2) காற்றியல் **(Aeronomy)**
(3) புவி காந்த (மின் புலங்கள், துகள்கள்) அளவீடு
(4) வானவியல் **(Astronomy)**
(5) சந்திரன் மற்றும் கோளாய்வுகள்
(6) இயற்பியல்

2. பயன்பாட்டு விண்கலன்கள் இடம்பெறும் துறைகள் வருமாறு:

(1) வானிலை **(Meteorology)**
(2) தொலைத்தகவல் தொடர்பு **(Telecommunication)**
(3) தொலையுணர்வு **(Remote Sensing)**
(4) பயண அமைப்பு **(Navigation)**
(5) நாட்டுப் பாதுகாப்பு

3. தொழில்நுட்ப முறையில் செலுத்தப்படும் விண்கலன்கள் பற்பல.

சந்திரப்பயணம் மற்றும் கோளாய்வுப் பயண விண்கலன் நிலாவிலும் புவி அல்லாத பிற கோள்களிலும் சுற்றி வரவும், அங்கு தரை இறங்கவும் உதவும்.

4. பன்னாட்டு விண்கலன்களின் பட்டியலும் மிக நீண்டது.

அதிலும் மனித விண்வெளிப் பயணங்களில் இடம்பெறும் விண் கலன்கள் இருவகைப்படும்.

(1) புவி சார்ந்த சுற்றுப்பாதையில் பறக்கும் மனித விண்கலன்கள் முதல் வகை. இங்கு தாழ்புவி வட்டப் பாதையிலும், புவி வட்டப் பாதையிலும் பறந்தவாறே விண்கலப் பயணிகள் சந்தித்துக் கொள்ள உதவும் அதிநவீனத் தொழில்நுட்பங்கள் இன்று நடைமுறையில் உள்ளன.

(2) கோள்களினை நோக்கிய மனித விண்ணூர்திகள் இரண்டாவது வகை. சந்திரனில் இறங்கி மனித முகாம்கள் அமைக்கவும், செவ்வாய் போன்ற கோள்களில் சென்று குடியிருப்புகள் நிறுவிடவும் உதவும்

விண்கலக் கட்டுமானங்கள்

விண்கலக் கட்டமைப்புகளில் அவற்றின் கட்டுமானம் மிக முக்கியமானதாகும். முதல் வகையில் நிமிர்த்தத் தகும் கட்டமைப்பும் **(erectable structures)**, இரண்டாம் வகையில் உறுதியான கட்டமைப்பும் இடம்பெறும்.

1. நிமிர் கட்டமைப்புகள்

விண்கலன்களில் நிமிர்த்தத் தகும் மடக்குகள் பல உள்ளன. விண்கலனில் மடக்கி வைக்கப்பட்டு, தேவைப்படும்போது விடுவிக்கப்படும் அமைப்புகள் இவை. எடுத்துக்காட்டாக, இந்தியத் தொலையுணர் செயற்கைக்கோள்களில் சூரிய ஆற்றலை உறிஞ்சி மின்திறனாக மாற்ற வல்ல சூரியப் பலகைகள் **(solar panels)** இவ்விதம் சிறகு விரிக்கக் கூடியவை. இவை ஒரு சில மீட்டர்கள் நீளம் வரை கைவிரிக்கும்.

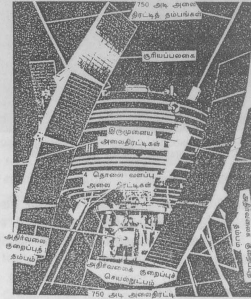
சில விண்கலன்களில் அலைதிரட்டிகளும் **(antennas)**, வேறு சில விண்கலன்களில் விண்தாது எண்ணிக்கை அளவிடும் பலகைகளும் இதே வடிவமைப்பு உடையவை. (எ.கா) ‘எக்கோ’ **(Echo)** போன்ற அமெரிக்க விண்கலன்கள்.

அன்றியும் பலூன் மாதிரி விண்ணில் ஊதி விரிவடையும் அமைப்புகளும் உள்ளன. தோசை மாதிரி சுருட்டி வைக்கப்பட்டு, விண்ணில் புவி சுற்றும் போது 'வட்டத் தகடு'களாய் மிதக்கும் வட்ட விண்கலன்களும் உண்டு. இவை புவி சுற்றியவாறே விண்ணில் செயற்கைச் சந்திரன் மாதிரி தோற்றமளிக்கும். அலுமினியம் பூசிய 'மைலார்' மென்படலங்கள் அத்தகைய பயன்பாடுகளுக்கு உதவும்.

சூரிய ஒளியாற்றல் பட்டு உந்தப்படும் 'சூரியப் பாய்' **(Solar sail)** சார்ந்த பட்டம் ஒன்றினை சமீபத்தில் ஜப்பான் விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனம் வெள்ளிக் கோள் நோக்கி ஏவியுள்ளது. 'இகாரஸ்' **(IKAROS)** என்பது அதன் பெயர்.

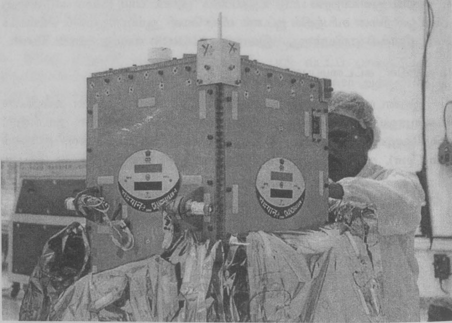
2. உறுதிக் கட்டமைப்புகள்

இரண்டாம் வகையைச் உறுதியான விண்கலக் கட்டுமான அமைப்பில் பெரும்பாலும் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள் அடங்கும். அமெரிக்காவின் நிம்பஸ் **(Nimbus)**, டெல்ஸ்டார் **(Telstar)**, சின்காம் **(Syn-Com)**, கதிரலை வானவியல் ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள் (படம் 17:1),



படம் 17.1: கதிரலை வானவியல் ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்

புவி சுற்றுச் சூரிய வானாய்வகம் (**Orbiting Solar Observatory**), பயன்பாட்டுத் தொழில் நுட்பச் செயற்கைக்கோள் (**Applications Technology Satellite**) ஆகிய புவி சார்ந்த செயற்கைக்கோள்களுடன், சந்திரனில் சென்று இறங்கிய அப்போலோ நிலாக் கூடு, இந்தியாவின் 'சந்திர மோதுகலன்' (**Moon Impact Probe,** படம் 17:2), செவ்வாய்க் கிரகத்தில் தரை இறங்கிய அமெரிக்க 'வைக்கிங்' விண் கலன்கள் போன்றவற்றில் இவ்வகை உறுதியான



படம் 17.2: இந்தியாவின் 'சந்திர மோதுகலன்'

கட்டுமானம் இடம்பெற்றது.

இன்று விண்வெளியில் விண்சுற்றுத் தொலைக்காட்டிகள் இயங்கி வருகின்றன. அன்றியும், நிரந்தர விண்வெளி நிலையங்களும் எழுப்பப்பட்டு வருகின்றன. இவை பெரும்பாலும் வலுமிக்க, எடை குறைந்த விண் கட்டமைப்புகளால் ஆனவை.

1. அறிவியல் செயற்கைக்கோள்கள்

புவி அறிவியல் துறைகள், சூரிய இயற்பியல், வானவியல் மற்றும்

விண்இயற்பியல் போன்ற பல்வேறு துறைகள் சார்ந்த அறிவியல் ஆய்வுக் கருவிகள் இடம்பெறும் விண்கலன்கள் 'அறிவியல் செயற்கைக் கோள்கள்' **(Scientific Satellites)** ஆகும்.

(1) புவிநிலை இயல் (Geodesy)

பூகோளத்தின் கடல், மலை, ஆறு, சமவெளி, பள்ளத்தாக்கு, பீடபூமி, பாலை நிலம் போன்ற இயற்கைப் பகுதிகள் பற்றிய இயலினைப் புவிஇயல் **(Geography)** என்று குறிப்பதைப் போலவே, இப்புவியின் பருமன், வடிவம், மற்றும் நிலையான அல்லது காலத்திற்கேற்ப மாறிவரும் அக, புறப்பரப்புகள் குறித்த இயலினைப் "புவிநிலை இயல்" எனலாம்.

பூமியிலுள்ள அனைத்துக் கண்டங்களுமே பலகோடி நூற்றாண்டுகளாக மிதவைத் துண்டங்கள் **(Tectonic Plates)** போல மெல்ல நகர்ந்து கொண்டிருக் கின்றன. இந்தக் 'கண்டங்கள் சலனக் கொள்கை' **(Continental Drift) 19**-ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் ஆல்பிரெட் வேக்னர் **(Alfred Wagener, 1880-1930)** என்ற ஜெர்மன் அறிஞரால் வெளியிடப்பட்டது. அதன்படி ஆப்பிரிக்கா, இந்தியா, ஆஸ்திரேலியாக் கண்டங்கள் அன்டார்டிகாவுடன் இணைந்த லெமூரியா கண்டமாகத் திகழ்ந்திருந்தது என்னும் அறிவியல் சித்தாந்தத்திற்கு இலக்கிய, வரலாற்றுச் சான்றுகளும் உள்ளன.

தன்னைச் சூழ்ந்துள்ள கண்டங்களின் சலனத்தால் பலநூறுகோடி ஆண்டுகளின் பின், மத்தியத் தரைக்கடல் கூடச் சுருங்கி, ஒரு குளம் போல மாறிவிடும் என்கிற கருத்தை மறுப்பாரும் இல்லை. இந்திய நாட்டு எவரெஸ்ட் சிகரமும் தொடர்ந்து ஒரு சில நூற்றாண்டுகளாகவே ஆண்டு தோறும் கடல் மட்டத்தை விட அங்குல அளவில் உயர்ந்து வருகின்றது.

இந்தியத் துணைக் கண்டமே வடக்கு நோக்கி அழுத்தமாய் நகர்ந்து வருகின்றது என்பதே உண்மை. இது தொடர்பான நிலநடுக்கங்களும் சுனாமி **(Tsunami)** எனப்படும் ஆழிப் பேரலைச் சீற்றங்களும் புவிநிலை இயலின் வெவ்வேறு அத்தியாயங்கள் எனலாம்.

இத்தகைய ஆய்வுக்கான அறிவியல் செயற்கைக்கோள்களில் 'செயற்கைத் துளை ரேடார்' **(Synthetic Aperture Radar)**, ரேடார் குத்துயர அளவிகள் **(Radar altimeters)**, லேசர் குத்துயர அளவிகள் **(Laser altimeters)**, முடுக்கிகள் **(acceleometers)** மற்றும் மூலைப் பிரதிபலிப்பான்கள் **(Corner reflectors)** போன்ற பல கருவிகள் இடம்பெறுவனவாகும்.

2. காற்றியல்

வளிமண்டலத்தின் சிறுசேர்மானங்களான ஓசோன், கார்பன்-டை ஆக்சைடு, நைட்ரிக் ஆக்சைடு போன்ற வளிமங்களின் பங்கு மிக முக்கிய மானதாகும்.

ஓசோன் சூரிய ஒளியின் புற ஊதாக்கதிர்களில் மூன்று அலைவரிசைகள் உள்ளன.

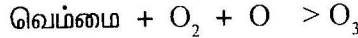
400 முதல் 320 நானோமீட்டர் (ஒரு நானோ மீட்டர் **(nano meter)** என்பது ஒரு மில்லிமீட்டரின் பத்து லட்சத்தில் ஒரு பங்கு) அலைநீளமுள்ள முதல் வரிசைக் கதிர்கள் பூமிக்குள் வந்து சேரும் தீங்கற்ற இனம்.

இரண்டாவதான 320 முதல் 280 நானோ மீட்டர் அலைவரிசைக் கதிர்கள், வளிமண்டலத்தினால் ஓரளவே உறிஞ்சப்படுகின்றன. இவையே, சில தாவரங் களின் செல்கள் **(Cells)** மற்றும் 'டி.என்.ஏ' **(D.N.A.)** எனப்படும் டி ஆக்சி ரிபோ நியூக்ளிக் அமில **(De-Oxy Ribo Nucleic Acid)** உயிர்த்தாதுக்களைச் சேதமுறச் செய்வதுடன் தோல்புற்று, கண்புரை மற்றும் நோய்த் தடுப்பு அமைப்பின் சிதைவு போன்ற பல தீங்குகள் இழைப்பனவும் ஆகும். இத்தகைய தீய புறஊதாக் கதிர்க் கசிவுகளுக்கு எதிராக நம்மைப் பாதுகாப்பது நம் தோலில் உள்ள 'மெலானின்' **(Melanin)** என்னும் நிறமியே **(Pigment).** இதனால் மெலானின் கொண்ட கறுத்தமேனியரைக் காட்டிலும், சிவந்த மேனியரே வெயில் உக்கிரத்தால் பெரிதும் பாதிக்கப்படுகின்றனர் என்பதே அறிவியல் உண்மை.

மூன்றாவது வரிசையின் புற ஊதாக்கதிர்கள், 280 நானோ மீட்டருக்கும் குறைந்த மிகக்கொடிய வகையாகும். இவை முழுவதும் வளிமண்டலத்தின் ஓசோன் படலத்தினால் உறிஞ்சப்பட்டு விடுவதால், புவிவாழ்க்கையில் அதிக பாதிப்பில்லை! ஆதலின் புவியினைப் போர்த்துள்ள இயற்கையான பாதுகாப்புக் கவசம் ஓசோன் படலமே. ஆயின் நாமாக இந்த ஓசோன் படலத்தை உருவாக்குவது இல்லை; வளிமண்டலத்தில் தானாகவே தோன்றுவது இது.

காற்றுமண்டலத்திலுள்ள ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகள் (O_2), சூரியஒளியின் 175 முதல் 200 நானோ மீட்டர் அலைநீளப் புறஊதாக் கதிர்களினால் ஒளிச் சிதைவுற்று **(Photo dissociation)** இரண்டு ஆக்சிஜன் அணுக்களாகப் பிரிகின்றன. இந்த அணுக்கள் ஒவ்வொன்றும், வெவ்வேறு ஆக்சிஜன் மூலக்கூறு களுடன் இணைந்து ஓசோன் மூலக்கூறுகள் (O_3) உருவாகின்றன. இந்த ஓசோன் மூலக்கூறுகள் மீண்டும் 280 முதல் 320 நானோமீட்டர் அலைகதிர் களின் வினையால், சிதைந்து, ஆக்சிஜன் மூலக்கூறுகளும் அணுக்களுமாகப் பிரிகின்றன. இவ்வினையின்போது சிறிதளவு வெப்பமும்

வெளியேற்றப்படும்.



$$வெம்மை + O_2 + O > O_3$$

இத்தகைய ஒளி-வேதியியல் நிகழ்ச்சிகளினால் **(Photo Chemical Processes)** 20 கிலோமீட்டர் உயரத்திலுள்ள சீரடுக்குமண்டலத்தின் படலங்கள் எளிதில் வெதுவெதுப்பாகி வெப்பநிலை சற்றே உயர்கிறது.

1928-30களில் உருவெடுத்து, தீயணைப்புக் கருவிகளிலும் **(Fire extinguishers)**, நவீன குளிர்சாதனப் பெட்டிகளிலும் பயன்படுத்தப்பட்டுவரும் 'ஃப்ரியான்' **(Freon)** எனப்படும் பலவகை குளோரோ ஃபுளூரோ கார்பன்கள் **(Chloro Fluoro Carbons)** காற்றிலுள்ள ஓசோனைச் சிதைத்து விடுபவை. அன்றியும் புதைபடிவ எரிபொருட்கள் **(Fossil Fuels)**, சதுப்பு நிலத்தில் நுரைத்துக் குமிழிடும் சாணவாயு **(Marsh gas)** எனப்படும் 'மீத்தேன்' **(Methane)**, மக்கின தாவரங்களில் இருந்து நுண்ணுயிர் **(bacteria)** வினைகளால் வெளியேற்றப்படும் நைட்ரஸ் ஆக்சைடு **(Nitrous Oxide)**, மின்னலின் போது காற்றில் உருவாகும் நைட்ரிக் ஆக்சைடு **(Nitric Oxide)**, கழிவு நீரில் நெடி வீசும் அம்மோனியா, தொழிற்சாலைப் புகைவாயுக்களான ஹைடிரோ குளோரைடு, சல்பர்-டை-ஆக்சைடு, குளோரின் ஆக்சைடுகள் போன்ற பல்வேறு இரசாயனப் பொருட்களாலும் வளிமண்டலத்தின் ஓசோன் நலிவடைந்து வருகின்றது. சமீபத்தில் அன்டார்ட்டிக் பகுதியில் ஓசோன் படலத்தில் ஓட்டை விழுந்துள்ள விவரம் உலகையே பேரதிர்ச்சிக்கு உள்ளாக்கி இருக்கிறது.

இத்தகைய வானியல் ஆய்வுக்கென சோவியத் ஒன்றியத்தின் 'நீர்–வானிலை இயல் மற்றும் இயற்கைச் சுற்றுப்புறக் கட்டுப்பாட்டு மாநிலக் குழு' **(State Committee on Hydrometeorology and Control of Natural Environment = SCHCNE)** உடன் இணைந்து இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனம், 1983 மார்ச் 23 முதல் ஒருவார காலத்தினுள் தும்பாவிலிருந்து ரஷ்யாவின் பதினாறு 'எம்-100' ஏவூர்திகளைச் செலுத்தியது. இதன் முதற்கட்டக் கூட்டுமுகாமில், அகமதாபாத்தின் 'இயற்பியல் ஆய்வுக் கூட'மும், புது டில்லியின் 'தேசிய இயற்பியல் பரிசோதனைக் கூடமும்', இந்திய வானியல் துறையும் புனாவில் உள்ள 'இந்திய வெப்ப மண்டல வானியல் நிறுவன'மும் **(Indian Institute of Tropical Meteorology)** பங்கு கொண்டன.

மேலும், இரவு வேளைகளில் இந்த ஓசோன் படல இயல்புகளை ஆராய்வதற்கென, இந்திய–சோவியத் யூனியனின் கூட்டு முகாம், மீண்டும் 1987 டிசம்பர் 2-இல் தொடங்கி ஒருவார காலம் தும்பாவில் செயற்பெற்றது. அதுபோது இருபத்திரண்டு 'எம் 100' ஏவூர்திகள் பறக்கவிடப்பட்டன.

ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டபடி நில வாகனங்களால் வெளியிடப்படும் கார்பன்-டை- ஆக்சைடு (**Carbon-di-oxide**) எனும் கரியமில வாயுவின் அளவு கடந்த ஒரு நூற்றாண்டினுள், லட்சத்தில் 30 பங்கிலிருந்து இப்போது 34 பங்காக உயர்ந்துள்ளது; அடுத்த ஐம்பது ஆண்டுகளில் இன்றைய நவீன ஆலை யுகப்போக்கில் இரட்டிப்பாகி விடும் என அஞ்சப்படுகிறது.

வளிமண்டலத்தின் கரியமிலவாயு அளவில் பெருகினால், புவி வெப்ப நிலையும் அதிவிரைவில் அதிகரிக்கும் அபாயம் உள்ளது. கரியமில வாயு நிறைந்த வெள்ளிக்கோளின் (**Venus**) தரை வெப்பநிலை 600 பாகை செல்சியஸ் என்பதனை அறிவோம். இதற்கு, வெள்ளி வளிமண்டலத்தில் செறிந்துள்ள கார்பன்-டை-ஆக்சைடு ஊட்டும் 'பசுமைக் குடில் விளை'வே காரணமாகும். அதனால்தான் வெள்ளிக்கோள் சூடேறிய பாதரச ஆவி விளக்கு மாதிரி, போல ஒளிர்வாகத் தோற்றமளிக்கின்றது.

இடை மண்டலத்திற்கும் வெப்ப மண்டலத்திற்கும் இடைப்பட்ட எல்லையாகிய ஏறத்தாழ 85 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் காணப்படும் இன்னொரு முக்கியமானதொரு வாயு நைட்ரிக் ஆக்சைடு. வளிமங்களை அயனிகளாகத் தூண்டுவிப்பதில் இதன் பங்கு முதன்மையானது.

மேற்கு ஜெர்மனியின் நைட்ரிக் ஆக்சைடுப் பரிசோதனையும், ஆஸ்திரிய "கிராஸ்" (**Graz**) பல்கலைக் கழகத்தின் மின்னணு அடர்த்திப் பரிசோதனையும், அகமதாபாத் 'இயற்பியல் ஆய்வுக் கூட'த்தின் புற ஊதா மற்றும் ஓசோன் பரிசோதனைகளும் ஒருங்கிணைந்த ஆய்வு, 1982 மார்ச் 11அன்று தும்பாவில் இருந்து செலுத்தப்பட்ட 'இந்திய சென்டார் IIபி' (**Indian Centaure-IIB**) ஏவூர்தியினால் நிறைவேற்றப் பெற்றது.

அவ்வாறே 80 முதல் 230 கிலோமீட்டர் வரையிலான உயரங்களில் உலோக அயனிகளின் செறிவு அதிகம். இவை பொதுவாக நொடிக்கு நூறு கிலோமீட்டர் வேகத்தில் விரைகின்ற விண்கற்கள் (**Meteors**) மற்றும் எரி விண்மீன்கள் (**Shooting Stars**) காற்று மண்டலத்தை உராய்ந்து செல்வதால் விளைபவை. பெரும்பாலும் மக்னீசியம், இரும்பு, சோடியம் போன்ற உலோக அணுக்களே இங்கு அயனிகளாக்கப்படுகின்றன. திடீர் எனத் தோன்றி மறையும் 'ஈ-படல'த்தினை (**"Sporadic-E"**) வளிமண்டலத்தில் நிலைத்து நிற்கச் செய்வன இத்தகைய உலோக அயனிகளேயாகும். இதற்கென "விண்கல் சுவடு ரேடார்" (**Meteor Trail Radar**) ஒன்றும் நம் நாட்டில் தும்பாவில் நிறுவப்பட்டுள்ளது. விரைந்து செல்லும் விண்கற்கள் நொடிப் பொழுதில் மறைந்து விடும். ஆனாலும், அதன் வழித்தடத்தில் படியும் உலோக அயனிகள்

மேல் மோதித் திரும்ப வல்ல ரேடாரின் வீச்சின் உதவியால் விண்கற்களின் விரைவு பதிவு செய்யப்படும்.

ஓர் அணுவினுள் மையக் கருவினைச் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரான்களில் ஒன்றிரண்டை அகற்றி விட்டால், அது நேர்மின் அயனிஆக **(Positive Ion)** மாறும். விண்வெளியைப் பொறுத்தமட்டில், இதற்குரிய அயனியாக்க ஆற்றல் **(Ionization energy)** வளிமண்டலத்தை மோதித் தாக்கும் 'காஸ்மிக்' கதிர்களிலிருந்து பெறப்படுகின்றது. உயர் வளிமண்டலங்களில்,சூரியக்கதிர், எக்ஸ் கதிர் **(X-ray)**, 'மீ புற ஊதாக் கதிர்' **(Extreme Ultra Violet ray)** போன்றவையும் வளிமண்டல அணுக்களை அயனிகளாக்கும்.

நேர்மின் அயனித் திரட்சியினைப் 'பேரழல்' அல்லது 'பிளாஸ்மா' **(Plasma)** என்கிறோம். 100 கிலோமீட்டர் உயரத்தில், நூறு கோடியில் (அல்லது ஒரு பில்லியனில்) சில பகுதி மூலக்கூறுகளே அயனிகளாக்கப்படுகின்றன. 1000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில், அதன் அளவு ஒரு சதவீதம் அதிகரிக்கிறது. அதுவே, 10,000 கிலோமீட்டரைத் தொடும்போது 50 சதவீதமாகப் பெருகு வதுடன், அதற்கும் அப்பால் வானுயர்ந்த எல்லைகளில் ஏறத்தாழ 'பிளாஸ்மா' மட்டுமே வியாபித்து உள்ளது. ஆயினும், இந்த நேர்மின் அயனிப் பிளாஸ்மா விற்குச் சரிசமமாக எதிர் மின்னணுக்கள் ஆகிய எலக்டிரான்களும் வளி மண்டலத்தில் நிறைந்து இருக்கும். அதனாலேயே வளிமண்டலம், மின் நடுநிலை **(electrically neutral)** உடையதாகவே இருக்கிறது.

ஆயின் 90 முதல் 150 கிலோமீட்டர் வரையிலான உயர் வளி மண்டலத்தின் அயனிகள், மணிக்கு 180 முதல் 360 கிலோமீட்டர் அதிவேகத் தில் வீசும் காற்றினால் ஒரு திசையில் அடித்துச் செல்லப்படுவது உண்டு. அவ்வேளையில் எலக்ட்ரான்கள் தொகுதி மட்டும் புவிகாந்தப் புலத்தினால் இழுக்கப்படுவதால், எதிர் மின்னணுக்களின் இயக்கம் தடைப்படுகிறது. முடிவில், எதிரெதிர்த் திசைகளில் விரையும் நேர்மின் பிளாஸ்மாவிற்கும், எதிர்மின் எலக்டிரான்களுக்கும் இடையே மின்னாற்றல் உற்பத்தியாகிறது. இதனால், புவிகாந்த நடுக்கோட்டின் **(magnetic equator)** மேலாக, 'பூகோள வளிமண்டல மின்சுற்று' **(Global Atmospheric Electric Circuit)** இயல்பாக உருவாகிறது. இங்கு ஒவ்வொரு மின்சுற்றின் போதும் பாய்கின்ற மின்னோட்டத்தின் அளவு பெரும் அளவாக 1,80,000 ஆம்பியர்கள் **(Amperes)** என்பது குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

அயனிகளின் செறிவு அடிப்படையில் வளிமண்டலத்தினை நான்கு படலங்களாகப் பிரிக்கலாம். அயனிச் செறிவு மிகக் குறைந்த 'டி-படலம்'

(D-layer) ஏறத்தாழ 60 கிலோமீட்டர் உயரத்திலிருந்து தொடங்குகிறது. இந்தப் படலம் இரவில் மறைந்துவிடும். பொதுவாக, 90 கிலோமீட்டர் உயர 'டி-படலமே' வானொலி அலைகளைக் கண்ணாடி போல பிரதிபலித்து நீண்ட தொலைப் பகல் ஒலிபரப்பிற்கு ஓரளவு உதவுகிறது.

அடுத்தது 'ஈ-படலம்' **(E-layer).** ஏறத்தாழ 100 முதல் 150 கிலோமீட்டர் உயரம் வரை, பெரும்பாலும் நிலை மாறாமல் பரவியுள்ளது. சிற்றலை ஒலிபரப்பில் ஈ-படலமே பெரும் பங்கு வகிக்கின்றது. அதற்கு மேலாக 150 கிலோமீட்டர் முதல் 400 கிலோமீட்டர் வரை அமைந்து உள்ளவை 'எஃப்-1' மற்றும் 'எஃப்-2' படலங்கள் **(F-1 and F-2 layers).**

இவற்றில் எஃப்-1 படலமும் அதிகாலையில் தோன்றி, மாலையில் மங்கி இரவில் மறைந்து விடும். டி-படலத்தினும் பத்துமடங்கு அயனிகள் செறிந்த எஃப்-2 படலம் மட்டுமே இரவிலும் நிலைபெறுகின்றது. எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு ஒரு படலம் அயனிச் செறிவுற்றதாய் அமைகின்றதோ, அவ்வளவுக்கு அவ்வளவு உயர் அதிர்வெண் மின்காந்த அலைகளை மட்டுமே அது பிரதிபலிப்பதாகும்.

இதனாலேயே உலகளாவிய அயனிமண்டலச் செறிவு குறித்த பொதுவான வரைபடம் ஒன்று, பரிசோதனைகள் வழி தீட்டிப் பாதுகாக்கப்பட்டால், வானொலித் தொடர்புகளுக்கு மிகுந்த பயன்படும் என்று கருதப்படுகின்றது.

விஞ்ஞானியர்க்கு அறிவியல் அமுதசுரபியாகத் திகழும் மின்னணுத் தாரைகள் **(Electrojets),** பகற்பொழுதில் கிழக்கு முகமாகப் பாய்ந்தாலும், உயர் வளிமண்டலக் காற்று, வெப்பச் சலனங்களினால் தாக்குண்டு எதிர்த்திசையில் மாறி இயங்க நேரலாம். இதனை 'எதிர்-மின்னணுத்தாரை' **(Counter-Electrojet)** என்பர். சந்திரனின் பிறைகளினாலும் இதே பாதிப்பு நிகழலாம்.

கதிர்வீச்சு ஆய்வு (Radiation Studies) : வளிமண்டலத்தினை வந்தடையும் சூரிய மின்காந்தக் கதிர்வீச்சில், புறஊதாக் கதிர் **(Ultra-violet),** ஒளிக்கதிர் **(Visible Light),** அகச்சிவப்புக்கதிர் **(Infra-red)** ஆகியன அடங்கும். இக்கதிர் வீச்சு ஆற்றலின் ஒரு பகுதியே புவி வந்தடைகின்றது. எனினும் தொடராக வந்து விழும் இந்தக் கதிரலைகளில் அகச்சிவப்பு மட்டும் நிலத்தினின்று பிரதிபலிக்கப்பட்டு விடுவதனால் நிலவெப்பம் ஒரு சீராக நிலைக்கின்றது. இல்லையென்றால், புவியானது சூரிய வெப்பத்தினால் தொடர்ச்சியாகச் சூடாக்கப்படுமாயின், உயிரினங்கள் மாய்ந்து அழிந்து போவதுடன், புவி வாழ்வும் நிலை குலைந்து போகும்.

சூரிய ஒளிக்கதிர்களின் வெம்மையைத் தணிவிக்க உதவும் பல மூலாதாரப் பொருட்களுள், வளிமண்டலத்தில் மிதக்கும் 'ஏரோசால்கள்' **(Aerosols)** எனும் காற்று நுண்துகள் குறிப்பிடத்தக்கன 0.01 முதல் 100 மைக்ரோ மீட்டர் (1 மைக்ரோமீட்டர் என்பது ஒரு மீட்டரின் பத்து இலட்சத்திலோர் பங்காகும்.) அளவுகொண்ட இத் துகள்கள் வளிமத்தினாலோ நீர்மத்தினாலோ ஆனவை.

வளிமண்டலத்தின் இக் காற்று நுண்துளிகள் (ஏரோசால்கள்), கார்மேகத் திரட்சி, கதிர்வீச்சு, வளிமண்டல வேதியியல் **(Atmospheric Chemistry)** தொடர்பான விளைவுகளின் மையக் கருக்களாகும். இவை, போக்குவரத்து வாகனங்களும், தொழிற்சாலைகளும் உமிழும் புகை மற்றும் கழிவுப் பொருட்கள் கடலின் உப்புக் காற்று, தூசிப் படலம், எரிமலை வெடிப்புகள் போன்ற இயற்கையின் சீற்றங்களாலும் கூட உருவாகக்கூடும். இவ்வாறு ஒவ்வோர் ஆண்டும் வளிமண்டலத்தில் மனிதனால் கூட்டப்படும் ஏரோசால்கள் மட்டுமே ஏறத்தாழ 28 கோடி டன்கள்; இயற்கையின் பங்களிப்பு 125 கோடி டன்கள் என்று ஆதாரபூர்வ அறிக்கைகள் தெரிவிக்கின்றன.

இவ் ஏரோசால்கள் சூரியக் கதிர்களை உறிஞ்சியும், சிதறடித்தும் விடுவதால் பூமியில் வெம்மை கணிசமாகக் குறைகிறது. இந்நிகழ்ச்சியில் காற்று நுண்துகள்கள் தாமே சூடாவதனால், கதிர்வீச்சினோடு இவை எத்தகைய வினை புரிகின்றன என்பதைக் கண்டறிய இந்திய நடுவளிமண்டல ஆய்வு உதவிற்று.

இதற்கென நம்நாட்டின் ஆர்.எச். 300 ஏவூர்திகள், பலூன்கள் மட்டுமன்றி, புவிநிலையங்களில் வைக்கப்பட்டுள்ள 'லிடார்' **(Lidar)** எனப்படும் 'லேசர் ரேடார்' **(Laser Radar)** மற்றும் 'பல அலைநீளச் சூரியக் கதிரளவி' **(Multi Wave length Solar Radiometer)** ஆகிய கருவிகளும் பயன்பட்டன.

மேலும், நிலப்பரப்பில் இருந்து சில நூறு மீட்டர்கள் உயரம் வரை வளிமண்டலத்தினை ஊடுருவி ஆராய்வதற்கு 'ஒலியியல் ரேடார்' **(Acoustic Radar)** அலைகளே போதுமானவையாகும். ஏனைய ரேடார்களைப் போல, மின்காந்தக் கதிரலைகளையோ ஒளிக்கற்றையினையோ பாய்ச்சாமல், வெடிப்போசைச் சத்தங்களான ஒலி அழுத்த அலைகளை வானிற் செலுத்தி ஆராய்வதே இந்த 'ஒலியியல் ரேடார்'. இவ்வகை ரேடார்கள் திருப்ப மண்டலத்தில் நிகழும் வெப்பப் பரிமாற்ற இயல்புகளைக் கவனிக்க வல்லவை.

3. புவிகாந்த மண்டலமும், சூரியக் காற்றும்

புறமண்டலப் பிளாஸ்மா மற்றும் எலக்டிரான்கள் வியாபகம் நெடுந் தொலைவு வரை பெருகிக்கொண்டே சென்று ஏறத்தாழ பத்து 'புவி ஆர'த் **(Earth radio)** தொலைவுகளில், அதாவது 64,000 கிலோமீட்டர் விளிம்பில், சூரியப் பிளாஸ்மா **(Solar Plasma)** மற்றும் ஏனைய விண்கோள்களிடைப் பிளாஸ்மா ஆகியவற்றோடு கரைந்து கலந்து விடுகின்றது. இந்த எல்லையே புவிகாந்த மண்டலத்தின் உச்ச வரம்பாகும்.

ஏறத்தாழ 100 கிலோமீட்டர் குத்துயரத்தில் தொடங்கி 64,000 கிலோ மீட்டர் வரையுள்ள 'காந்தமண்டல'த்தினுள் **(Magnetosphere)** தெற்கு வடக்காக இயங்கும் மின்துகள்களின் தொகுதியினைக் 'கதிர்வீச்சு வளையங்கள்' **(Radiation Belts)** என்றோம். 1958-ஆம் ஆண்டில் பயணியின்றிப் பறந்து சென்ற அமெரிக்க முதல் செயற்கைக்கோளான 'எக்ஸ்புளோரர்-1' செயற்கைக் கோளினால் துலக்கப்பெற்ற இக்கதிர்வீச்சு வளையங்கள், இவற்றைக் கண்டு பிடிக்கக் காரணமாக அமைந்த அமெரிக்க விண்வெளி விஞ்ஞானி 'வான் ஆலன்' என்பவர் பெயராலேயே இன்றும் வழங்கப்படுகின்றன.

உள்ளபடியாக இவை வளையங்களும் அல்ல; கதிர்வீச்சு மண்டலங்கள் **(Radiation Zones)** ஆகும். இவற்றின் 'உள்மண்டலங்கள்' **(Inner Zones)** பிரேசிலின்மேல் 400 கிலோமீட்டர் உயரத்திலும், கிழக்கிந்திய நாட்டின்மேல் 1300 கிலோமீட்டர் உயரத்திலும், நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதியில் ஏறத்தாழ 3200 கிலோமீட்டர் வரையிலும் பரவியுள்ளன. அவற்றின் 'புறமண்டலங்கள்' **(Outer Zones)** 32,000 கிலோமீட்டர் வரை விரிவடைகின்றன. எனினும் இந்த வரம்பு அளவுகள் உறுதியற்றவை.

பெரும்பாலும் வடக்குதெற்காக இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் உள்மண்டலங்களை விடவும், வெளிவட்டாரங்கள் சில மணி நேர இடைவெளிவிட்டு மாறிக் கொண்டிருப்பவை. பொதுவாகச் சொல்லப்போனால், உள்மண்டலங்களில் கனமான நேர்மின்னேற்ற ஹைடிரஜன் அணுக்கருக்கள் **(Hydrogen nuclei)** ஆகிய புரோட்டான்களும் **(Protons)**, புறமண்டலங்களில் எதிர்மின் துகள்களான எலக்டிரான்களுமே நிறைந்துள்ளன. 1964 ஜனவரி மாதத்தில் கதிர்வீச்சுகுறித்து உள், புற மண்டலங்களை முறையே எலக்டிரான் 1, 2 **(Electron-1 and 2)** ஆகிய ரஷியச் செயற்கைக்கோள்கள் ஆராய்ந்தன. ஒரே பயணத்தின்போது இரட்டைப் பயன் சுமைகள் **(Dual Payload)** சுமந்து செல்லப்பட்டது இதுவே முதன் முறை.

4. வானவியல் ஆய்வுகள்

1969 ஜூலை மாதம் அமெரிக்காவின் 'கதிரலை வானவியல் ஆய்வுக் கோள்' **(Radio Astronomy Explorer)** செலுத்தப்பெற்றது. உலகின் முதலாவது கதிரலை வானவியல் செயற்கைக்கோளாகும் இது.

உலகின் முதலாவது வானலை தொலைகாட்டி **(Radio telescope)** கே.ஆர்.டி-10. ரஷியாவின் சல்யுத்-6 விண்நிலையத்தில் 1979 ஜூலை மாதம் நிறுவப்பெற்றது.

நுண்ணலைச் செயற்கைக்கோள்கள் என்ற வகையில் அமெரிக்காவின் 'கோப்' **(COBE)** என்னும் தொலைநோக்கி முக்கியமானது. இது 'அண்டப் பின்புல ஆய்வுக்கலன்' **(Cosmic Background Explorer)** ஆகும். 1989 நவம்பர் 18 அன்று 900 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் செலுத்தப்பெற்றது. ஆனால் அது 1993 டிசம்பர் 23 அன்று செயல் இழந்துவிட்டது.

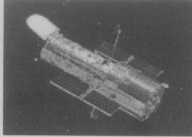
ஆயின், 2001 ஜூன் 30 அன்று அமெரிக்கா செலுத்திய 'மேப்' **(MAP)** என்னும் 'நுண்ணலைத் திசைப் பாங்கிலா ஊடுருவி' **(Microwave Anisotropy Probe)** அண்டவெளியின் பத்து இலட்சத்தில் ஒரு பங்கு பாகை செல்சியஸ் வெப்பநிலையைப் பதிவு செய்து வருகிறது.

அன்றியும், 'சுவீடன் விண்வெளிக் கழகம்' 2001 பிப்ரவரி 20 அன்று ஏவிய 'ஓடின்' **(Odin)**, ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகம் 2009 மே 14 அன்று செலுத்திய 'பிளாங்க் செயற்கைக்கோள்' **(Planck Satellite)** ஆகிய விண்வெளித் தொலைகாட்டிகளும் இத்துறையில் பெரும்பங்களித்து வருகின்றன.

செயற்கைக்கோள்களில் தொலைஉணரிகள் வைத்துச் செலுத்துவது ஒருபுறமிருக்க, பலவகை தொலைகாட்டிகளையே விண்கலன்களில் பொருத்தி விண்ணில் சுற்றவிடும் தொழில் நுட்பங்களும் இன்று நடைமுறையில் உள்ளன.

(அ) ஒளியியல் தொலைகாட்டிகள்

ஒளியியல் தொலைகாட்டிகள் **(optical telescopes)** என்ற வகையில் ஹப்பிள் விண்வெளித் தொலைகாட்டி **(Hubble Space Telescope**, படம் 17:3) 1990 ஏப்ரல் 24 அன்று அமெரிக்க விண்வெளி ஓடத்தினால் ஏவப்பெற்றது. எட்வின் ஹப்பிள் **(Edwin Hubble)** எனும் வானவியலரின் பெயரால் இயங்கும் விண்வெளி வானாய்வகம் இது.



படம் 17.3 : ஹப்பிள் விண்வெளித் தொலைகாட்டி

ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகம் 1989 ஆகஸ்ட் 8 அன்று செலுத்திய 'ஹிப்பார்க்கஸ்' **(Hipparcos)** என்னும் விண்தொலைகாட்டி 1,18,000 விண் மீன்களைத் துல்லியமாகப் பதிவு செய்தது. மேலும் 1995 டிசம்பர் 2 அன்று அனுப்பப்பட்ட 'சோஹோ' **(SOHO)** எனப்படும் சூரிய மற்றும் கதிர்மண்டல வானாய்வகத்தில் **(Solar and Heliospheric Observatory)** ஒளிப்படக்கருவி இடம்பெற்றது. (படம் 17:4) அமெரிக்காவும் ஐரோப்பாவும் இணைந்து மேற்கொண்ட திட்டமாகும் இது.



படம் 17.4: 'சோஹோ' வானாய்வகம்

(ஆ) அகச்சிவப்புத் தொலைகாட்டிகள்

அமெரிக்காவின் 'அகச்சிவப்பு வானவியல் செயற்கைக்கோள்' **(Infrared Astronomical Satellite)** 1983 ஜனவரி 25 அன்று செலுத்துப்பட்டது. இது துருவப்பாதைச் செயற்கைக்கோள் ஆகும். வானவியல் செயற்கைக்கோள் வரிசையில் ஏவப்பெற்ற உலகின் முதலாவது செயற்கைக்கோள் இது.

இச்செயற்கைக்கோளினால் ‘3278 ஐராஸ்’ (3278 IRAS, 23-8-1983), ‘3200 ஃபேதோன்’ (3200 **Phaethon,** 11-10-1983), **(10714) 1983 கியூ .ஜி.** (1983 QG) ஆகிய மூன்று குறுங்கோள்களும் ஆறு புதிய வால் விண் மீன்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

அத்துடன் ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகம் 1995 நவம்பர் 17 அன்று ஏரியான்-4 ஏவுகலனால் செலுத்திய ‘அகச்சிவப்பு விண்வெளி வானாய்வகம்’ **(Infrared Space Observatory)** 1997 முதல் 1998 வரை இந்தப் பிரபஞ்சத்தின் அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சுப் புலங்களைப் பதிவாக்கியது.

அகச்சிவப்புத் தொலைகாட்டிகளில் **(Infra Red Telescopes)** ஒளித் துலக்கிகள் சூடாகக் கூடும். அதனால் அவை நீர்ம நைட்ரஜன் அல்லது நீர்ம ஹீலியம் போன்ற வாயுக்களால் குளிர்விக்கப்படும். இத்தகைய தொலைகாட்டிகளில் ‘விண்வெளி ஓட அகச்சிவப்புத் தொலைகாட்டி வசதி’ **(Shuttle Infra-Red Telescope Facility, SIRTF)** 2003 ஆகஸ்டு 25 அன்று செலுத்தப்பட்டது. பின்னாளில் இது இன்று லைமன் ஸ்பிட்செர் **(Lyman Spitzer)** என்னும் விஞ்ஞானி பெயரால் ‘ஸ்பிட்செர் விண்வெளித் தொலைகாட்டி’ **(Spitzer Space Telescope)** எனப் பெயர்மாற்றம் பெற்றுள்ளது. அமெரிக்காவின் ‘மிகப் பெரும் வானாய்வகங்’களில் **(Great Observatories)** நான்காவது முக்கிய விண்வெளித் தொலைகாட்டியாகும் இது.

(இ) புற ஊதாத் தொலைகாட்டிகள்

உலகின் முதலாவது புற ஊதா ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள் **(Ultraviolet Saellite)** என்னும் தகுதி கொண்டது ‘ஐ.யு.இ’ **(IUE)** எனப்படும் ‘பன்னாட்டு புற ஊதாக்கதிர் ஆய்வுக்கோள்’ **(International Ultraviolet Explorer).** இது அமெரிக்காவின் நாசா விண்வெளி நிறுவனமும், ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகமும் இணைந்து 1978 ஜனவரி 26 அன்று செலுத்தியதாகும். புவி நிலைவட்டப் பாதையில் இயங்கிய இந்தத் தொலைகாட்டி ஏறத்தாழ 18½ ஆண்டுகளுக்குப் பின் 1996 செப்டம்பர் 30 அன்று செயல் இழந்தது. ஆயினும் இதன் வாழ்நாள் சாதனைகள் அளப்பரியவை. வால்விண்மீன்கள், விண் மீன்கள், புதுவிண்மீன்கள் **(novas),** மிகைப் புதுவிண்மீன்கள் **(supernovas),** உடுமண்டலங்கள் **(galaxies),** குவாசர்கள் **(quasars)** போன்ற ஏறத்தாழ 1,00,000 வான்பொருள்கள் இதனால் பதிவாக்கப்பெற்றன.

அவ்வாறே, 1983 மார்ச் 23 முதல் 1989 ஜூன் வரையிலான கால கட்டத்தில் ரஷியாவின் ‘ஆஸ்டன்-1’ **(Aston-1)** எனும் புற ஊதாத் தொலைகாட்டி

நியுட்ரான் விண்மீன்கள் முதல் செம்பூத விண்மீன்கள் **(red giants)** வரையிலான பல தர வான்பருப்பொருள்களின் ஆய்வில் ஈடுபட்டது.

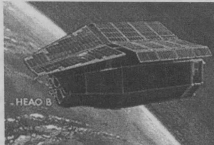
அமெரிக்காவின் 'அதி புற ஊதா ஆய்வுக்கலன்' **(Extreme Ultraviolet Explorer,** 7-6-1992 முதல் 31-01-2001 வரை) மற்றும் 'தொலை புற ஊதா ஆய்வுக்கலன்' **(Far Ultraviolet Explorer,** 24-06-1999 முதல் இன்று வரை) இத்துறையில் பல்வேறு கண்டுபிடிப்புகளை நிகழ்த்தி உள்ளன.

அண்மையில் அமெரிக்காவின் நாசா நிறுவனமும், பிரெஞ்சு விண்வெளிக் கழகமும், கனடா விண்வெளிக் கழகமும் இணைந்து 'ஃப்யுஸ்' **(FUSE)** எனப்படும் 'தொலை புற ஊதா நிறமாலை ஆய்வுக்கலன்' **(Far Ultraviolet Spectroscope Explorer)** ஒன்றை 1999 ஜூன் 24 அன்று விண்ணில் செலுத்தின.

(ஈ) எக்ஸ்-கதிர்த் தொலைகாட்டிகள்

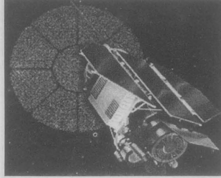
1962 மார்ச் 7 அன்று அமெரிக்காவினால் ஏவப்பெற்ற 'விண் சுற்றுச் சூரிய வானாய்வகம்' **(Orbiting Solar Observatory)** எனும் எக்ஸ்-கதிர் ஆய்வுத் தொலைகாட்டி, முதன்முறையாகச் சூரியக் கிளர்வினைப் படம்பிடித்து அனுப்பியது. இவ்வரிசையில் 1975 வரை எட்டு செயற்கைக்கோள்கள் செலுத்தப்பட்டன.

மேலும் எக்ஸ்-கதிர்வீச்சு மற்றும் காமாக் கதிர்வீச்சு ஆய்வுக்காக அமெரிக்காவினால் 1977 ஆகஸ்ட் 12 அன்று செலுத்தப்பெற்ற முதலாவது 'உயர் ஆற்றல் வானவியல் ஆய்வகம்' **(High Energy Astronomy Observatory, HEAO-1)** அண்டவெளிக் கட்டமைப்பினைப் பதிவு செய்தது. 1978 டிசம்பர் 13 அன்று ஏவப்பெற்ற 'உயர் ஆற்றல் வானவியல் ஆய்வகம்' **(HEAO-2)** இரண்டாவது ஆகும்; இது சுருக்கமாக 'ஐன்ஸ்டீன்' (படம் 17:5) என்றே சுட்டப் பெறுகிறது.



படம் 17.5 : 'ஐன்ஸ்டீன்' வானாய்வகம்

அவ்வாறே 1990 ஜூன் 1 அன்று அமெரிக்கா செலுத்திய 'ரோசாட்' **(Rosat)** எனப்படும் 'ராண்ட்ஜன் செயற்கைக்கோள்' **(Roentgen Satellite)** 1999 பிப்ரவரி 12 வரை ஏறத்தாழ 9 ஆண்டுகளில் 1,50,000 வான்பொருள்களைப் பதிவு செய்தது. (படம் 17:6)



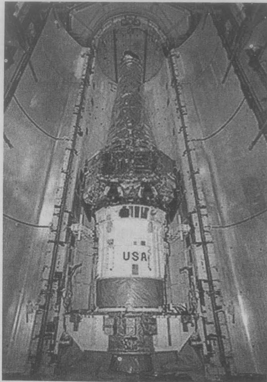
படம் 17.6 : 'ராண்ட்ஜன் செயற்கைக்கோள்'

1999 ஜூலை 23 அன்று செலுத்தப்பெற்ற 'சந்திரா எக்ஸ்-கதிர் வானாய்வகம்' **(Chandra X-ray Observatory)**, அமெரிக்காவின் 'பெரும் வானாய்வகங்'களில் மூன்றாவது விண்வெளித் தொலைகாட்டி ஆகும். (படம் 17:7); ஆரம்பத்தில் 'மேம்பட்ட எக்ஸ்-கதிர் விண்இயற்பியல் வசதி' **(Advanced X-ray Astrophysics Facility, AXAF)** என்றே வழங்கப்பெற்றது.

நமது பால்வீதி **(Milky Way)** ஆகிய ஆகாய கங்கை அண்டத்தின் மையத்தில், 'தனுசு-ஏ' **(Sagittarius–A)** என்னும் கருந்துளை விண்மீனைக் **(Black hole)** கண்டு துலக்கியது. ஒளியைக் கூட வெளியே விடாத அளவுக்கு அதீத நிறையீர்ப்பு கொண்ட விண்பொருளே கருந்துளை விண்மீன் ஆகும்.

அவ்வாறே நமது அண்டவெளியில் இயங்கிவரும் அண்ட்ரோமீடா உடுக்கணத்தின் **(Andromeda)** மையத்தில் இருந்து எதிர்பார்த்ததற்கு மாறாகக் குளிர் வாயு வெளிப்படுவதைக் கண்டறிவித்தது சந்திரா வானாய்வகம்.

மேலும் 'நியூட்டன்' பெயரில் ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகத்தின் 'எக்ஸ் கதிர் பல ஆடித் திட்ட இலக்கு' **(X-ray Multi-Mirror Misson-Newton)** எனும் விண்தொலைகாட்டி 1999 டிசம்பர் 10 அன்று ஏவப்பெற்றது. நமது பூமியில் இருந்து 1000 கோடி ஒளியாண்டுகள் **(Light Years)** தொலைவில் இப்பிரபஞ்ச



படம் 17.7 : சந்திரா எக்ஸ்-கதிர் வானாய்வகம்

விளிம்பில் இயங்கிவரும் 'எக்ஸ்.எம்.எம். எக்ஸ்.சி.எஸ் 2215-1738 (**XMM XCS 2215-1738**) எனும் உடுமண்டலத் தொகுப்பு (**galaxy cluster**) ஒன்றைக் கண்டுபிடித்தது.

இதே வகையில் 'ரோஸ்ஸி எக்ஸ்-கதிர் கால அடி அளவீடு' (**Rossi X-ray Timing Explorer, RXTE**) எனும் செயற்கைக்கோளிலும் எக்ஸ்-கதிர் துலக்கி இடம்பெற்றது.

அவ்வாறே 1983 மே முதல் 1986 ஏப்ரல் வரை விண்வெளியின் எக்ஸ்-கதிர் இரட்டை விண்மீன்கள் (**X-ray binaries**) உட்பட மிகைப் புது விண்மீன் எச்சங்கள் (**Supernova remnants**), வெண்குறளை விண்மீன்கள் (**white dwarfs**) போன்றவற்றை ஆராய்ந்தது 'எக்ஸோசாட்' (**EXOSAT**) எனப்படும் 'ஐரோப்பிய எக்ஸ்-கதிர் வானாய்வுச் செயற்கைக்கோள் (**European X-ray Observatory Satellite**).

(உ) காமாக் கதிர் தொலைகாட்டி

ஒளி, அகச்சிவப்பு மற்றும் எக்ஸ்-கதிர் தொலைகாட்டிகளைப் போல் அல்லாமல், காமாக்கதிர் தொலைகாட்டி 'காம்ப்டன் சிதறல்' **(Compton Scattering)** அடிப்படையில் செயல்படுவதாகும்.

காம்ப்டன் சிதறல் முறையில் ஒளி மோதிய ஒரு மின்னணு தன் ஆற்றலில் உயர்ந்துவிடும். அதே வேளையில் சிதறலான ஒளி தன் ஆற்றல் குறைந்தும் போகும். இவ் இயற்பியல் உண்மையின் அடிப்படையில் செயற்படும் அமெரிக்காவின் 'காம்ப்டன் காமாக்கதிர் வானாய்வகம்' **(Compton Gamma Ray Observatory)** 1991 ஏப்ரல் 5 அன்று அட்லாண்டிஸ் விண்வெளி ஓடத்தினால் செலுத்தப் பெற்றது.

அமெரிக்காவின் 'மிகப் பெரும் வானாய்வகங்கள்' வரிசையில் இரண்டாவது முக்கிய விண்வெளித் தொலைகாட்டி இது. நோபல் விஞ்ஞானி டாக்டர் ஆர்தர் ஹோலி காம்ப்டன் பெயரில் நிறுவப்பெற்ற இந்த வானவியல் செயற்கைக்கோள். பின்னாளில் 'காம்ப்டன் தொலைகாட்டி' **(Compton Telescope)** என்று பெயர்மாற்றம் பெற்றது.

இவையன்றி, 1975 ஆகஸ்டு 9 அன்று அமெரிக்காவிலிருந்து செலுத்தப் பெற்ற ஐரோப்பாவின் 'அண்டக்கதிர்ச் செயற்கைக்கோள்' **(Cosmic Ray Satellite)** ஆகிய 'காஸ்-பி' **(Cos-B)** 1982 ஏப்ரல் 25 வரை நடத்திய ஆய்வின் போது பால்வீதி **(Milky Way)** அண்டத்தின் காமா விண்மீன்களின் புதிய திணைப்படத்தையே வரைந்து காட்டிற்று.

18

வானிலை ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்கள்

ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தின் காற்று, வெப்பநிலை, மழை, வெயில் போன்ற இயல்புகளை வானிலை **(Weather)** என்பதால் அது குறித்த அறிவியலை வானிலை இயல் **(Meteorology)** என வழங்குகிறோம்.

வானிலை ஆய்வூர்திகள்

கடலின் ஆழத்தினை அளக்க உதவும் பரிசோதனைகளில் ஒலியலைகள் **(Sound waves)** பயன்படுகின்றன. அதைப் போலவே, வான்மண்டல ஆழத்தினை அளந்து அறிந்திடப் பயன்படுத்தப்படும் பரிசோதனை ஏவூர்தி களை 'வானியல் ஆய்வூர்திகள்' என்று குறிப்பிடுகிறோம். (பார்க்க அட்டவணை 18:1) அவற்றின் பயன்சுமை **(Payload)** என்பது, அதில் இடம்பெறும் பறக்கும் குடை ('பாராசூட்'), சுமந்து செல்கிற பரிசோதனைக் கருவிக்கூடு ஆகியனவாகும். இக்கூட்டினுள், காற்று வீசும் திசை, வேகம், வளிமண்டல அழுத்தம், வெப்ப நிலை, கதிர்வீச்சு, புவிகாந்தத் திறன் போன்ற பல இயல்புகளை அளந்து அறியும் நுட்பமான கருவிகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

வானியல் ஆய்வூர்தி ஒரு குறித்த உயரம் வரை சுமந்து சென்று பறக்கும் குடையினை வெளியே தள்ளிவிடும். அதிலுள்ள கருவிக் கூடு வளிமண்டலத் தில் ஊடாக மெல்லக் கீழிறங்கி வரும். அப்போதே வளிமண்டலத்தில் வெவ்வேறு படலங்களின் தன்மைகளையும் பதிவு செய்த வண்ணம் இருக்கும். இந்த ஆய்வுத் தகவல்கள் புவிநிலையத்திற்கு அனுப்பப்படும்.

புவி இயற்பியல் ஏவூர்திகள் **(Geophysical Rockets)** மூலம் வானியல் ஆய்வு நடத்திவரும் சோவியத் யூனியனின் ஏவூர்திகளில் எம்.ஆர்-1 (MR-1),

எம்.ஆர்-12 (MR-12), எம்-100 (M-100) போன்றவை குறிப்பிடத்தக்கவை. எம்.ஆர் வகை ஏவூர்திகளின் தலைக் கூம்புப் பகுதியில் **(nose-cone)** மின் தடை வெப்ப அளவி **(Resistance Thermometer)**, சவ்வுக் காற்றழுத்தமானி **(Membrane manometer)**, கதிர் வெப்ப அளவி **(Bolometer)**, கதிரலைத் தொலை அளப்பியல் அமைப்பு **(Radio telemetry System)** போன்ற பல்வேறு கருவிகள் இடம்பெறும்.

இவற்றுள் எம்-100 ஏவூர்திகள் இந்திய–சோவியத் நட்புறவு ஒப்பந்தத்தின் அடிப்படையில் திருவனந்தபுரம் அருகே தும்பா ஏவுதளத்தில் இருந்து 'ஒழுங்கு புவி இயற்பியல் நாட்க'ளான **(Regular Geophysical Days)** ஒவ்வொரு புதன் கிழமையும் செலுத்தப்பட்டு வருகின்றன.

இவை தவிர, எம்.எம்.ஆர்-06 (MMR-06) என்னும் ரஷிய நாட்டுச் சிறு வானியல் ஏவூர்தி **(Minor Meteorological Rocket)**, ஆர்க்டிக், அன்டார்டிக் பெருங்கடல்களின் ஆய்வுக் கப்பல்களில் இருந்தும் ஏவத் தக்கது ஆகும்.

அமெரிக்காவைப் பொறுத்தமட்டில் முதல் உலகப் பெரும்போரின்போது பேராசிரியர் ராபர்ட் எச். கொட்டார்டு **(Robbert H. Goddard)**, உயர் வளிமண்டல ஆய்வினுக்கு ஏவூர்திகளைக் கையாளும் கருத்தினை வெளி யிட்டார். சில ஆண்டுகளுக்குப் பின், அமெரிக்காவில் ஏரோபீ **(Aerobee)** எனும் வானியல் ஆய்வு ஏவூர்திகள் வடிவமைக்கப்பட்டன.

அமெரிக்கக் கடற்படையின் டக்ளஸ் ஏர்கிராஃப்ட் கம்பெனியின் **(Douglas Aircraft Corporation)** 'ஏரோபீ ஜூனியர்' **(Aerobee Junior)** ஏவூர்தி, அமெரிக்கக் கடற்படையும் விமானப்படையும் இணைந்து 'ஏரோஜெட் ஜெனரல் கார்பரேச'னில் **(Aerojet General Corporation)** வடிவமைத்த 'ஏரோபீ-ஹை' **(Aerobee-Hi)** அல்லது 'ஏரோபீ-150' எனப்படும் ஏவூர்தி ஆகியவை பன்னாட்டுப் புவி இயற்பியல் ஆண்டின் வளிமண்டல ஆய்வுத் திட்டத்தில் பங்களித்தன.

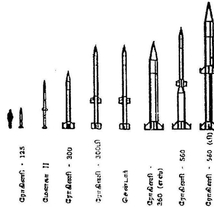
'லோகி' **(LOKI)** எனும் முதல் கட்ட ஏவூர்திப் பொறியும், 'வாஸ்ப்' எனப்படும் 'வானிலை,வளிமண்டல ஊடுருவி' **(Weather Atmospheric Sounding Projectile = WASP)** எனும் பொறியும் இணைந்த 'லோகி–வாஸ்ப்' எனும் இருகட்ட ஏவூர்தி உயர்மட்டக் காற்று வீச்சினை ஆராயவல்லது.

இவ்வகை வானியல் ஆய்வூர்திகளின் வடிவமைப்பில் பிரெஞ்சு நாட்டின் பங்களிப்பும் குறிப்பிடத் தக்கதாகும். பன்னாட்டு புவி இயற்பியல் ஆண்டிற்காக அங்கு உருவாக்கப்பட்டது 'மோனிகா' **(Monica)** ஏவூர்தி. இதன் மூன்று கட்டங்களுமே திண்ம உந்து எரிபொருளினால் **(Solid Propellant)** இயங்குபவை.

'பிரெஞ்சு தேசியத் தொலைத்தகவல் ஆய்வு மையம்' **(French National Centre for Telecommunication Studies)** உருவாக்கியது 'பிலெயர்' **(Belier)** ஏவூர்திப் பொறி ஆகும். இதனை இரண்டாம் கட்டமாகக் கொண்ட இருகட்ட ஏவூர்தி – சென்டார் **(Centaure)** ஏவூர்திகள் வகை பலவுண்டு.

அவ்வாறே பிரான்சில் வெர்னானிலுள்ள வீச்சியல் மற்றும் காற்றியங்கியல் ஆய்வுக்கூடம் **(Ballistics and Aero Dynamics Laboratory)** தயாரித்த 'வெரோனிக்' **(Veronique)** ஏவூர்திகளும் பிரெஞ்சு நாட்டின் வேறு வகை வான் ஊடுருவு ஏவூர்திகளாகும்.

இந்தியாவில் வானியல் ஆய்வுக்குப் பயன்படும் வானிலை ஆய்வூர்திகள், 'ரோகிணி' **(Rohini)** என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவ்வரிசையில் ஆர்.எச்-125 (RH-125), ஆர்.எச்-200 (RH-200), ஆர்.எச்-300 (RH-300), ஆர்.எச்-560 (RH-560) போன்ற பல்வேறு ஏவூர்தி இனங்கள் உள்ளன. (படம் 18:1)



படம் 18.1: இந்திய வானிலை ஆய்வூர்திகள்

தவிர, பிரெஞ்சு நாட்டு "சென்டார்" ஏவூர்திக்கு இணையாக, நம் நாட்டிலேயே வடிவமைக்கப்பட்டது "ஆர்.எச்-300 மார்க்-2" (RH-300 MK II) எனும் புதுவகை ஏவூர்தியாகும். அயனி மண்டல இயல்புகளை ஆராய உதவும் இப்புது ஏவூர்தி, முதன்முறையாக 1987-ஆம் ஆண்டு ஜூன் 8 அன்று ஆந்திராவில் ஸ்ரீஹரிக்கோட்டாவிலுள்ள 'ஷார் மைய'த்தில் **(SHAR Centre)** இருந்து பரீட்சார்த்தமாகப் பறக்கவிடப்பட்டது.

ஜப்பானில் டோக்கியோ பல்கலைக் கழகப் பேராசிரியர் ஹிடியோ இத்தோகாவா **(Hideo Itokawa)** என்பவரின் எண்ணத்தில் உதித்தது 'பென்சில்' **(Pencil)** எனும் திட உந்து ஏவூர்தி. ஒரு அடி நீளமும், ஒரு அங்குல விட்டமும் கொண்ட கனத்த எழுதுகோல் அளவு ஏவூர்தியே 'பேபி' **(Baby)** என்னும் ஏவூர்தியாகத் திருத்தப்பட்டு, 'காப்பா' **(Kappa)** ஆய்வூர்தியாக உருவெடுத்தது. பல்வேறு 'காப்பா'க்களும் உயர்வளிமண்டல ஆய்வுக்குக் கையாளப்பெற்றன. காப்பாவைத் தொடர்ந்து 'லாம்டா' **(LAMBDA)** எனும் பல கட்ட ஏவூர்தியும், அமெரிக்காவின் 'ரோக்கூன்' வகைக்கு நிகரான 'சிக்மா' **(Sigma)** ஏவூர்தியும் ஜப்பானிய வானியல் ஆய்வூர்திகளில் சிலவாகும்.

அவ்வாறே இங்கிலாந்தில் 'ராயல் ஏர்கிராஃப்ட் கம்பெனி' **(Royal Aircraft Company)** வடிவமைத்தது 'ஸ்கைலார்க்' **(SKYLARK)** எனும் ஏவூர்திகள். இவை ஆஸ்திரேலியாவின் ஊமரா ஏவூர்தித் தளத்தில் இருந்து **(Woomera Rocket Range)** செலுத்தப்பட்டு வருகின்றன.

வானிலைச் செயற்கைக்கோள்கள்

வானிலை ஆய்வூர்திகள் எத்தனை உயரம் பறந்தாலும் ஏறத்தாழ 250-400 கிலோமீட்டர் உயர வளிமண்டல ஆராய்ச்சிக்கு இவை அனுப்பும் பயன்சுமைகள் தகவல் வளம் சேர்க்கமாட்டா. இதனால் அத்தகைய உயரங்களில் புவிசுற்றியவாறே வானிலை அளக்கும் செயற்கைக்கோள்கள் தோன்றின.

சோவியத் யூனியனின் ஸ்புட்னிக்-1 செயற்கைக்கோள் 92 நாள்களில் 1400 தடவை புவி வலம் புரிந்தது. கிட்டத்தட்ட 6 கோடி கிலோ மீட்டர் பயணம் செய்தது அச்செயற்கைக்கோள். அதன் மின்காந்தக் கதிரலைகள் வழி பெறப்பட்ட தகவல்கள் வானிலையியல் வரலாற்றில் குறிப்பிடத்தக்கவையாகும்.

அடுத்து, 1957 நவம்பர் 3 இல் 'லைக்கா' எனும் நாயினைச் சுமந்து சென்றது 'ஸ்புட்னிக்-2' எனும் உருசிய விண்ணூர்தி **(Spacecraft)**. அதன் மின்காந்தக் கதிரலை பரப்பிகளும் **(transmitters)** தொலைஅளப்பு அமைப்பும் **(telemetry system)**, சூரியக் கதிர் வீச்சு மற்றும் அண்டத்தின் 'காஸ்மிக்' **(Cosmic)** கதிர்வீச்சு பற்றி அனுப்பிய தகவல்கள் ஏராளம். அச் செயற்கைக் கோளின் எடை 508.3 கிலோகிராம். 160 நாள்களில் 2370 முறை புவியினைச் சுற்றியதில் ஏறத்தாழ 10 கோடி கிலோமீட்டர் தொலைவு பயணம் புரிந்தது.

அதே ஆண்டு, மார்ச் 26 அன்றும், ஜூலை 26 அன்றும் முறையே வெற்றிகரமாகச் செலுத்தப்பட்ட எக்ஸ்புளோரர்-3, எக்ஸ்புளோரர்-4 ஆகிய

செயற்கைக்கோள்கள் வானிலை ஆய்வினைத் தொடர்ந்தன. இறுதியாக 1959 அக்டோபர் 13 அன்று ஏவப்பட்ட ஏழாவது செயற்கைக்கோளுடன் 'எக்ஸ்புளோரர்' வரிசை நிறைவுற்றது.

தொடர்ந்து, சோவியத் நாட்டின் ஸ்புட்னிக்-3 செயற்கைக்கோள் 1958 மே 15 அன்று செலுத்தப்பட்டது. இச்செயற்கைக்கோளில் 'பன்முகத் தொலைவு அளப்பு' (**Multi-Channel telemetry**) ஆய்வுக்குரிய கதிரலை விளக்கங்கள் (**Radio beacons**) உட்பட 12 உபகரணங்கள் இடம்பெற்றன. ஏறத்தாழ 23 மாதங்களில் 10037 முறை புவியினைச் சுற்றி 45 கோடி கிலோ மீட்டர் தொலைவு பயணம் செய்ததன் மூலம் முதலிரண்டு ஸ்புட்னிக்குகளின் சாதனைகளையும் முறியடித்தது எனலாம்.

நீண்டகால இயக்கத்திற்கென சூரிய ஆற்றலை மின்னாற்றலாக்கிக் கொள்ளும் சூரிய மின் கலங்கள் (**Solar Cells**) கொண்ட ரஷிய நாட்டு முதல் செயற்கைக்கோளும் இதுவேயாகும்.

அமெரிக்காவின் முதலாவது சூரிய மின் திறனூட்டச் செயற்கைக் கோள், 1958 மார்ச் 17 அன்று செலுத்தப்பெற்ற 'வேன்கார்டு-1' (**Vanguard**) ஆகும்.

ஆயினும் அமெரிக்காவின் முதலாவது வானிலை ஆய்வுச் செயற்கைக் கோள் (**Meteorological Satellite**) என்னும் தகுதிக்கு உரியது – 'டைரோஸ்-1' (**TIROS-1**) எனப்படும் 'தொலைக்காட்சி அகச்சிவப்பு வான் ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்' (**Television and Infra – Red Observatory Satellite = TIROS**) ஆகும். 1960 ஏப்ரல் முதல் தேதி அன்று தோர்-ஏபிள் (**Thor-Able**) எனும் மூன்று கட்ட ஏவுகணை உதவியால் ஏறத்தாழ 710 கிலோ மீட்டர் உயர வட்டப் பாதையில் செலுத்தப்பட்டது. இச்செயற்கைக்கோள் எடுத்து அனுப்பிய 23000 நிழற்படங்களும் வானவியல் ஆய்வில் மிக முக்கியம் ஆனவை. (அட்டவணைகள் 18 : 2, 3)

வானிலை இயல், தொலையுணர்வு (**Remote Sensing**) போன்ற பல்வேறு பயன் கருதி 1962 மார்ச் 16 அன்று சோவியத் ஒன்றியம் தனது 'காஸ்மாஸ்' (**Cosmos**) வரிசையினைத் தொடங்கிற்று. இன்றுவரை ஏறத்தாழ 2000 செயற்கைக்கோள்கள் இத்திட்டத்தின் கீழ் செலுத்தப்பட்டுள்ளன. இவ்வரிசையில் முதல் இரண்டு செயற்கைக்கோள்களுமே அயன மண்டல ஆய்வில் ஈடுபட்டவை.

'காஸ்மாஸ்' திட்டத்தின் 'வானியல் அமைப்பி'ற்கென (**Meteor System**) 1967-ஆம் ஆண்டு முறையே பிப்ரவரி 28, ஏப்ரல் 27 ஆகிய நாட்களில்

நிலநடுக்கோட்டிற்கு **81** பாகை சாய்வாக காஸ்மாஸ்-**144**, காஸ்மாஸ்-**156** ஆகிய இரு செயற்கைக்கோள்களும் **600** முதல் **700** கிலோ மீட்டர் உயரத் துருவப்பாதையில் செலுத்தப்பட்டன. சோவியத் ரஷியாவின் 'நீர்-வானிலை இயல் மைய' **(USSR Hydro-meterological Centre)** இச் செயற்கைக்கோள்கள் அனுப்பிய தகவல்கள் வழி வானிலை மற்றும் புயல், கடல் நடுச்சுழற்காற்று போன்ற அபாயங்களை முன்னறிவித்து, எச்சரிப்பு நடவடிக்கைகள் எடுக்க உதவிற்று.

1968-ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் **20** அன்று ஏவப்பெற்ற காஸ்மாஸ்-**261** போன்ற செயற்கைக்கோள்கள், உயர்வளிமண்டலம், வான் கதிர்வீச்சு வளையம், புவிகாந்தப்புலம், அண்டக் கதிர்வீச்சு, சூரியக் காற்று, விண்கற்கள், துருவ அழற்சுடர் **(aurora)**, மேக மூட்டங்கள் போன்ற பல்வேறு இயற்கை அமைவுகள் பற்றிய புதிய விஞ்ஞானத் தகவல்களைச் சேகரித்து அனுப்பின. இவை பல்கேரியா, ஹங்கேரி, கிழக்கு ஜெர்மனி, போலந்து, ருமேனியா, செக்கோஸ்லோவாகியா போன்ற பல குடியரசு நாடுகளுடன் சோவியத் ஒன்றியம் இணைந்து நடத்திய கூட்டுப் பரிசோதனைகளாகும்.

அட்டவணை 18 : 1

உலக நாடுகளின் வான் ஊடுருவு ஏவூர்திகள்

எண்	ஏவூர்தியின் பெயர்	நாடு	பயன்சுமை எடை (கிலோகிராம்)	செல்லும் உச்ச உயரம் (கிலோமீட்டர்)	குறிப்புகள்
1.	எம்-100	ரஷ்யா	15	100	ஏவூர்தி முழு எடை 475 கிலோகிராம்
2.	எம்.ஆர்-1	,,	–	100	–
3.	எம்.ஆர்-12	,,	50	180	–
4.	எம்.ஆர்–06	,,	5	60	ஏவூர்தி முழு எடை 135 கிலோகிராம்
5.	வி 2.ஏ (V2A)	,,	2200	212	நீளம் 20 மீட்டர் விட்டம் 1.66 மீட்டர்
6.	வி. 5.ஏ (V5-A)	,,	1300	512	நீளம் 23 மீட்டர் விட்டம் 1.66 மீட்டர்
7.	ஏரோபீ ஜூனியர் (ஏரோபீ–100)	அமெரிக்கா	67.5	120	முழு எடை 495 கிலோகிராம் நீளம் 2.7 மீட்டர் விட்டம் 38.1 சென்டிமீட்டர்
8.	ஏரோபீ-ஹை (ஏரோபீ–150)	,,	{ 67.5 55	270 } 320	–
9.	நைக்கி–காஜூன் (NIKE CAJUN)	,,	–	160	நைக்கி முதல் கட்டம் காஜூன் இரண்டாம் கட்டம்
10.	நைக்கி–டீக்கான் (NIKE-DEACON)	,,	–	130	நைக்கி முதல் கட்டம் டீக்கான் இரண்டாம் கட்டம்

எண்	ஏவூர்தியின் பெயர்	நாடு	பயன்சுமை எடை (கிலோகிராம்)	செல்லும் உச்ச உயரம் (கிலோமீட்டர்)	குறிப்புகள்
11.	ஸ்பேரோபீ (SPAEROBEE) அல்லது ஏரோபீ –300	அமெரிக்கா	30	450	ஏரோ-ஹையுடன், ஸ்பேரோ (Sparrow) பொறியும் இணைந்த வடிவம்
12.	அர்கான் (ARCON)	,,	20	80	நீளம் 3.3 மீட்டர் விட்டம் 15 சென்டிமீட்டர்
13.	ஜர்னி மேன் (JOURNEY MAN)	,,	58.5	1670	நான்குகட்ட திட உந்து பொறிகள் கொண்டது
14.	ஜேசன் (JASON) அல்லது அர்கோ ஈ-5 (ARGO-E5)	,,	30	880	–
15.	ஜாவலின் (JAVELIN) அல்லது அர்கோ-டி4	,,	30	1200	–
16.	அஸ்பான் (ASPAN)	,,	–	240	நைக்கி முதல் கட்டம் ஏ.எஸ்.பி. இரண்டாம் கட்டம்
17.	ஐரிஸ் (IRIS)	,,	45	305	நீளம் 4.8 மீட்டர் விட்டம் 30 சென்டிமீட்டர்
18.	லோகி–வாஸ்ப்	,,	2.7	56	–

எண்	ஏவூர்தியின் பெயர்	நாடு	பயன்சுமை எடை (கிலோகிராம்)	செல்லும் உச்ச உயரம் (கிலோமீட்டர்)	குறிப்புகள்
19.	ஸ்டிராங்கார்ம் (STRONGARM)	அமெரிக்கா	32	1600	மிக்சிகன் பல்கலைக் கழகம் வடிவமைத்த 5 கட்ட ஏவூர்தி
20.	வெர்டிகோ (VERTIGO)	,,	38.3	225	நைகிக் முதல் கட்டடம், யார்ட்பேர்ட் (Yardbird) இரண்டாம் கட்டம்
21.	சென்டார் (CENTAURE)	பிரான்சு	60.0	200	சென்டார் முதல் கட்டம் பிலெயர் இரண்டாம் கட்டம்
22.	பிலெயர்	,,	31.5	80	–
23.	மோனிகா	,,	8	45	மூன்று கட்ட ஏவூர்தி
24.	பெகாஸி (PEGASE)	,,	31.5	1200	பெகாஸி முதல் கட்டடம், டிராகன் (Dragon) இரண்டாம் கட்டடம் பிலெயர் மூன்றாம் கட்டம்.
25.	வெரோனிக்	,,	59.4	219	நீளம் 7. 2 மீட்டர் விட்டம் 55.1 சென்டி மீட்டர்
26.	ஆர்.எச்-125	இந்தியா	7	10	–
27.	ஆர்.எச்-200	,,	10	80	–
28.	ஆர்.எச்-300	,,	50	130	–
29.	ஆர்.எச்-560	,,	100	350	–
30.	காப்பா-4	ஜப்பான்	9	80	–
31.	காப்பா-8	,,	29.3	192	–
32.	காப்பா-9	,,	9	384	–
33.	ஸ்கைலார்க்	இங்கிலாந்து	67.5	136	–

அட்டவணை 18 : 2

வானிலை ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்கள் (துருவப் பாதையில்)

எண்	செயற்கைக்கோள்	நாடு
1.	டைரோஸ் (TIROS) 1960–1965	அமெரிக்கா
2.	நிம்பஸ் (NIMBUS) 1964–1978	அமெரிக்கா
3.	எஸ்ஸா (ESSA) 1966–1967	அமெரிக்கா
4.	இடாஸ் (ITOS) 1970–1976	அமெரிக்கா
5.	டைரோஸ்-என் (TIROS-N)	அமெரிக்கா
6.	காஸ்மாஸ்	– ரஷியா

அட்டவணை 18 : 3

வானிலைச் செயற்கைக்கோள்கள் (புவிநிலைவட்டப் பாதையில்)

எண்	செயற்கைக்கோள்	நாடு
1.	ஏ.டி.எஸ் (ATS) 1960–1965	– அமெரிக்கா
2.	கோயஸ் (GOES)	– அமெரிக்கா
3.	மீட்டியோசாட் (METEOSAT)	– ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகம்
4.	இன்சாட் (INSAT)	– இந்தியா
5.	ஜி.எம்.எஸ் (GMS) (Geo Stationary Meteorological Satellite)	– ஜப்பான்

19

தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள்

வானொலி ஒலிபரப்பு

வானொலியின் நடுத்தர அலைகள் (**Medium waves**) நேர்கோட்டில் பயணம் செய்கையில், ஏறத்தாழ 60 அல்லது 70 கிலோமீட்டர் தூரம் வரையே ஒலிபரப்பினைத் தெளிவாகக் கேட்க முடிகிறது. புவியின் வளைந்த பரப்பு காரணமாக, தொடுவானத்திற்கு அப்பால் இந்த மின்காந்த அலைகள் நெடுந் தூரம் செல்வதில்லை.

தவிர, புவிப்பரப்பின் உயர்மாடிக் கட்டடங்களும், கூடகோபுரங்களும் இந்த நடுத்தர அலைகளைத் தடுத்து ஆற்றலைக் குறைத்தும் விடக்கூடும். எனினும் உயர் அதிர்வெண் கொண்ட சிற்றலைகள் (**Short Waves**) மட்டும் விண் அயனி மண்டலத்தில் பட்டுப் பிரதிபலிக்கப்படுவதால், ஒரு நிலையத்தின் அலைபரப்பினை (**transmission**) தொடுவானத்திற்கு அப்பால் மற்றொரு புறத்திலுள்ள அஞ்சல் நிலையம் ஏற்றுக்கொள்ள முடிகிறது. இல்லையென்றால் ஒலி பரப்பினை நேர்கோட்டில் வாங்கும் அஞ்சல் நிலையத்தின் கோபுரமும் ஏறத்தாழ 200 மீட்டர் உயரமுடையதாக இருத்தல் வேண்டும்.

அயன மண்டலத்தின் 'ஈ' – படலமும் (**E-layer**), அதன் மேல் படிந்த 'எஃப்-2' படலமும் (**F-II layer**) முறையே உயர் அதிவெண் சிற்றலைகளையும், அதி உயர் அதிர்வெண் அலைகளில் ஒரு பகுதியினையும் (30 முதல் 60 மெகா ஹெர்ட்சு வரை) பிரதிபலிக்கின்றன.

இவற்றினும் உயர்ந்த அதிர்வெண் அலைகளோ, அலைபரப்பிக் கோபுர உச்சிக்கு நேர்மேலான குத்துப்பாதையில் செலுத்தப்படும்போது, அவை அயன மண்டலத்தால் பிரதிபலிக்கப்படுவது இல்லை. நேராக விண் வெளிக்குள் கரைந்து நுழைந்து விடுகின்றன. என்னும், புவியின் அடி வானத்திற்கு

அப்பால் 'அஞ்சல் நிலைய'த்தினை **36000** கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் இயங்கச் செய்யலாம். அந்த 'அஞ்சல் நிலைய'த்தின் வழி ஒளிபரப்பினால், புவியின் மூன்றிலொரு பரப்பளவு பயன்பெறும்.

விண்ணில் **36,000** கிலோமீட்டர் குத்துயரத்தில் புவி நிலைவட்டப் பாதையில் சுற்றிவருபவை தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள். இவற்றைப் பயன்பாட்டின் அடிப்படையில், விண்வெளி அஞ்சல் நிலையங்கள் **(Relay Stations)** என்கிறோம்.

இங்கு தொலைத் தகவல் தொடர்பினுக்கென, ஒளிக்கதிர் உட்பட மின்காந்த அலைகளும் பயன்படுத்தப்படலாம். **1929**ஆம் ஆண்டு ஓபெர்த் **(Oberth)** எழுதிய "விண்வெளிப் பயணச் சாலை" **(The Road to Space Travel)** எனும் புதினத்தில் வரும் காட்சிகள் குறிப்பிடத்தக்கவை. மனிதரால் இயக்கப் பெறும் விண்வெளி நிலையங்களில் இருந்து ஒருவகைக் கண்ணாடிகள் மூலம் ஒளியைப் பளிச்சிடப் பாய்ச்சி , புவியின் அத்துவானப் பகுதிகளுக்குச் சமிஞ்ஞைகள் **(Signals)** அனுப்பும் நிகழ்ச்சிகள் அந்நூலில் சித்திரிக்கப்பட்டுள்ளன.

இவ்வகை ஒளிவீச்சு முறையில், செய்தி ஒரு முனையில் இருந்து மறு முனைக்கு அனுப்பப்படுகிறது. அனுப்பும் ஒளியோ 'மறுமொழி' பெற்றுத் திரும்புவது இல்லை. இதனை 'வினையறு' **(Passive)** வகைத் தகவல் தொடர்பு எனலாம்.

1960 ஆகஸ்டு **12** விண்ணில் செலுத்தப்பட்ட 'எதிரொலி' **(Echo)** எனப்படும் பிரம்மாண்டமான பலூன் வரலாற்றுச் சிறப்பு மிக்கது. ஏனெனில் இதனில் பொருத்தப்பட்ட 'வானொலிக் கண்ணாடி' **(Radio mirror)**, புவியின் ஓர் பகுதியில் இருந்து ஏற்றுவாங்கும் தகவல்களை மற்றோர் இடத்திற்கு யாதொரு மாற்றமும் இன்றி அவ்வண்ணமே பிரதிபலித்து அனுப்பியது. இந்த எதிரொலிப்பு முறையில் நேரடித் தகவல் அனுப்ப இயலாத தொலை விடங்களுக்கும் செய்தி அனுப்ப முடியும். எனினும் புவி நிலையத்திலிருந்து பலூனின் மேல் செலுத்தும் கதிர்வீச்சுத் திறன் குறைந்தே பிரதிபலிக்கப் படுவதனால், தகவலைச் சுமந்து வரும் எதிரொலிக் கதிரலைகள் பலவீனமாக இருக்கும்.

விண்வெளி அஞ்சல் நிலையங்கள்

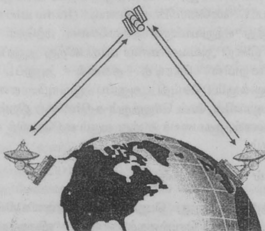
புவி நிலையத்தில் இருந்து பெறப்படும் கதிரலைகளின் திறனை அதிகரித்துத் தகவல் அனுப்பும் செயற்கைக்கோள்கள், "வினைபுரி" **(active)**

தகவல் தொடர்பு வகை சார்ந்தது ஆகும். இவை ஏற்றுவாங்கும் கதிரலைகளின் **(Carrier Waves)** அதிர்வெண்ணில் இருந்து மாறுபட்ட பிறிதொரு அதிர்வெண்ணில் தகவல்களை எதிரொலிக்க வல்லவை; இம் முறை சிக்கலான தொழில் நுட்பம் உடையதாயினும், இத்தகைய 'வினைபுரி' செயற்கைக்கோள்களே நடைமுறையில் பயனுள்ள அஞ்சல் நிலையங்கள் ஆகும்.

1958 டிசம்பர் 18 அன்று அமெரிக்காவின் அட்லஸ் ஏவுகணை மூலம் புவிக்கு 175 கிலோமீட்டர் அண்மையிலும், 1500 கிலோமீட்டர் சேய்மையிலுமான நீள்வட்டப் பாதையில் முதலாவது வினைபுரித் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள், 'ஸ்கோர்' **(Score)** ஏவப்பட்டது. இதன் வாயிலாக, மனிதக் குரல் முதன்முறையாக விண்ணில் இருந்து புவிநோக்கி எதிரொலித்தது. அமெரிக்க குடியரசுத் தலைவர் ஐசனோவர் நாட்டு மக்களுக்கு விடுத்த அறிவிக்கையே அவ்விதம் நாடெங்கும் ஒலி பரப்பானது.

தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு

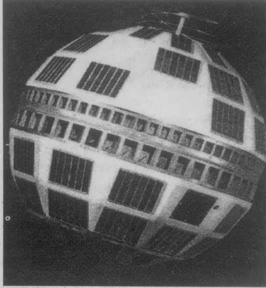
தரைவழித் தகவல் தொடர்பில் தொலைபேசி, தந்தி முறைகள் பிரபலமானவை. பின்னர் வானொலி/தொலைக்காட்சிக் கோபுரங்கள் உதவியினால் அலை பரப்புகள் அறிமுகம் ஆயின. தரை நிலையத்தில் இருந்து அனுப்பப்படும் தகவல் அலைகளை அஞ்சல் செய்யும் நிலையங்களாகச் செயற்கைக் கோள்கள் உருவெடுத்த பிறகு தகவல் தொடர்பில் பெரும்புரட்சியே ஏற்பட்டது. (படம் 19:1)



படம் 19.1 : அஞ்சல் செயற்கைக்கோள் உதவியால் தகவல் தொடர்பு

1960-ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 4 அன்று ஏவப்பட்ட அமெரிக்காவின் 'கூரியர்-1 பி' (**Courier- B**) எனும் செயற்கைக்கோள் தொடங்கி எத்தனையோ செயற்கைக்கோள்கள் தகவல் தொடர்புக்கு உதவின.

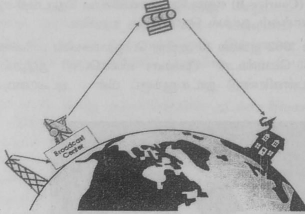
எனினும் 1962 ஜூலை 10 அன்று பொதுமக்களின் பார்வையில் செயல் படுத்தப்பட்ட 'டெல்ஸ்டார்' (**Telstar**) விண்வெளி அஞ்சல் நிலையம் (படம் 19:2) பன்னிரண்டு நாட்களுக்குப் பின் அட்லாண்டிக் கடலின்



படம் 19.2: அமெரிக்காவின் 'டெல்ஸ்டார்' செயற்கைக்கோள்

இருபுறமுள்ள கண்டங்களிடையே தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பியது. தொலைத் தகவல் தொடர்பிலும் முன்னோடி நிகழ்ச்சி இது. இச்செயற்கைக்கோள், 'அமெரிக்கத் தொலைபேசி, தந்தி நிறுவன'த்தின் (**American Telephone and Telegraph Company**) வடிவமைப்பு ஆகும் (படம் 19:3).

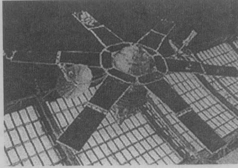
நீண்ட தொலைவு வானொலித் தொடர்புச் சாதனங்களைச் சுமந்து சென்ற சோவியத் ஒன்றியத்தின் காஸ்மாஸ்-75 (**Cosmos**) எனும் ஏவூர்தி, செயற்கைக்கோள் வழி தொலைத் தகவல் தொடர்பு காட்சி ஒளிபரப்பும் திட்டங்களில் மிகுந்த அக்கறை காட்டிட வழிகோலியது.



படம் 19.3 : செயற்கைக்கோள் ஒளிபரப்பு

1962 ஆகஸ்டு 11 அன்று 'வாஸ்டாக்-3' ஏவூர்தி மூலம் உலக வரலாற்றில் முதன் முதலாக நான்கு நாள் விண்வெளிப் பயணம் செய்தார் ஆண்டிரியன் நிக்கோலாயெவ் **(Andrian Nikolaev)**. அதன் மறுநாளே வாஸ்டாக்-4 மூலம் விண் வெளியில் அவருடன் இணைந்தார் பாவெல் பாபோவிச் **(Pavel Popovich)**. இந்த வீரர்கள் இருவரின் இயக்கமும் விண்வெளியில் இருந்து சோவியத் நாட்டின் தேசியத் தொலைக்காட்சியில் ஒளிபரப்பப்பட்டது. விண்ணில் இருந்து ஒளிபரப்பான உலகின் முதல் தொலைக்காட்சி இதுவேயாகும்.

1965–1973 ஆகிய ஆண்டுகளுக்கு இடைப்பட்ட காலத்தில் ரஷியா செலுத்திய 'மோல்னியா-1' **(Molniya)** வரிசைச் செயற்கைக்கோள்கள் (படம் 19:4) தகவல் தொடர்புத் துறையில் சிறப்பிடம் பெற்றன. புவியில் இருந்து 500 கிலோமீட்டர் அண்மையிலும் ஏறத்தாழ 40,000 கிலோமீட்டர் சேய்மையிலுமான தனக்கே உரித்தானதொரு நீள்வட்டப் பாதையில் புவி வடபாதிக் கோளத்தின் **(Northern hemisphere)** மேல் புவி சுற்றி வந்தது மோல்னியா-1. அதன் சுற்றுக் காலம் 12 மணி நேரம். சூரியனை நோக்கித் திரும்பியபடி இயங்கும் சூரிய மின் கலன்களும் **(Solar batteries)** புவி நோக்கித் திரும்பிய பரவளைவு அலை திரட்டிகளும் **(Parabolic antennas)** கொண்ட இச்செயற்கைக்கோளின் தள ஒளிபரப்பித் திறன் **(Power of the onboard transmitter)** 40 வாட் ஆகும்; இது தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்களினும் கூடுதலாகும்.



படம் 19.4: ரஷிய நாட்டு 'மோல்னியா' செயற்கைக்கோள்

1967ஆம் ஆண்டு புவியின் தோற்றத்தை முதன்முதலாக வண்ணப்படம் எடுத்து அனுப்பிய தனிச்சிறப்பு இந்த 'மோல்னியா-1' செயற்கைக்கோளையே சாரும்.

மேலும் நீண்ட தொலைவு இடங்களுக்கு இடையே தொலைபரப்பு **(telecast)**, தொலைத் தந்தி **(telegraph)**, தொலைஒளிப்படம் **(telephoto)** தொலைபேசித் தொடர்புகள் இணைப்பினை நிறுவியவை இந்த 'மோல்னியா-1' செயற்கைக்கோள்கள். மாஸ்கோவுடன் உள் நாட்டில் விளாடிவாஸ்டாக், முர்மான்ஸ்க், அர்கான்கேல்ஸ்க், கிராஸ்னோயார்ஸ்க், யாகுட்ஸ்க், மகதன், யூஸ்னோ – சாகலின்ஸ்க், அஷ்காபாத் போன்ற இடங்களோடும், பாரீசினோடும் இது நிறுவிய தொலைத் தகவல் தொடர்புகள் குறிப்பிடத்தக்கவை.

பன்னாட்டுத் தொலைக்காட்சி ஆணைக்குழுவின்படி **(International Television Authority)** ஒலி-ஒளி பரப்புகளுக்கெனத் தனித்தனி அலை வரிசைகள் ஒதுக்கப்பட்டுள்ளன. அவை 41 முதல் 68 மெகாஹெர்ட்சு வரை அலை வரிசை-1 **(Band-I)**, 88 முதல் 108 மெகாஹெர்ட்சு வரை அலைவரிசை-2 **(Band-II)**, 174 முதல் 230 மெகாஹெர்ட்சு வரை அலைவரிசை-3 **(Band-III)**, 470 முதல் 582 மெகாஹெர்ட்சு வரை அலைவரிசை-4 **(Band-IV)**, 606 முதல் 890 மெகாஹெர்ட்சு வரை அலைவரிசை-5 **(Band-V)** என அமைந்துள்ளன. இவற்றில் அலைவரிசை ஒன்றிலும், மூன்றிலும் தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பும், அலைவரிசை-2இல் 'எஃப். எம் வானொலி' **(F.M. Broadcasting)** எனப்படும் 'அதிர்வெண் பண்பேற்ற' **(Frequency Modulation)** முறை வானொலி பரப்பும் செயல்பட்டு வருகின்றன.

செயற்கைக்கோள் தன்னோடு மேலிணைப்பு **(Up-link)** கொள்ளும் அலைபரப்பு நிலையத்தின் அலைகளை ஏற்று, மிகைப்படுத்தி **(amplified)** பிறிதொரு அதிர்வெண் அலைகளாக மாற்றி, கீழிணைப்பு நிலையத்திற்குத் **(Down-link Station)** திருப்பி அனுப்புகிறது.

இந்த மிகை உயர் அதிர்வெண் அலைகள் (அதாவது சென்டிமீட்டர் அலைகள்) வளி மண்டலத்தினை ஊடுருவி வரும்போது, முறையே 1.35 சென்டிமீட்டர் 0, 5, 0 25 சென்டிமீட்டர் அலைகள் காற்றிலுள்ள நீராவியினாலும் ஆக்சிஜனாலும் உறிஞ்சப்பட்டு விடுவதால் **(absorption)** பொதுவாக, அவை திறன் குன்றிவிடும். மேலும், மழைத்துளிகள், மூடுபனி, பனித் தூள் போன்றவற்றினால் 3 சென்டி மீட்டருக்கு உட்பட்ட அலைகள் சிதறிடவும் **(Scattering)** வாய்ப்புண்டு. இத்தகைய காரணங்களினால் தொலைத்தகவல் தொடர்பியலுக்கு உகந்த அதிர்வெண் அலைகளையும் ஒளிபரப்பு முறை களையும் தேர்ந்தெடுப்பதில் மிகுந்த தேர்ச்சியும், தொழில்நுட்ப அனுபவமும் தேவையாகும்.

தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள்

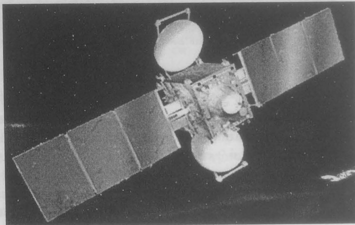
புவி ஒத்தியக்கப் பாதையின் தனித்தன்மையும், தொலைத்தகவல் தொடர்பு நுட்பத்தையும் இணைத்து அமெரிக்க 'ஹியூஸ் ஏர் ஏர்கிராஃப்ட் கம்பெனி'யின் தலைவர் டாக்டர் ஹரால்டு ரோசன் **(Dr. Harald Rosen)** 'சிங்-காம்' **('Syn-com')** எனும் ஒத்தியக்கம் **('Syn'chronisation)** – தகவல் தொடர்பு **('Com'muni Cation)** ஆகியவற்றின் அடிப்படையிலான செயற்கைக்கோள் ஒன்றை உருவாக்கினார். 1962 பிப்ரவரி 14 மற்றும் 1963 ஜூலை 26 ஆகிய நாட்களில் செலுத்தப்பட்ட முதலிரண்டு "சிங்-கம்"களுமே தோல்வியுற்றன. ஆயின் "சிங்-கம்-3" செயற்கைக்கோள் பயணம் வெற்றிப்பெற்றது. அமெரிக்காவின் முதலாவது புவிநிலை வட்டப்பாதைச் செயற்கைக்கோள் அது.

1965-ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் 6 அன்று தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள் **(Communication Satellite)** 'காம்சாட்' **(Comsat)** திட்டத்தின் கீழ் உருவானது 'ஏர்லி பேர்டு' **(Early Bird)** எனும் செயற்கைக்கோள் ஆகும். 'ஆரம்பப் பறவை' எனப் பொருள்படும் இது 24 தொலைக்காட்சித் தொடர் போடைகள் **(Channels)** அல்லது 240 தொலைபேசி இணைப்புகள் வழங்கும் ஆற்றல் பெற்று இருந்தது.

இந்த 'ஏர்லி பேர்டு'டன் முறையே 'இன்டெல்சாட்-1' **(Intelsat-1)**, 'இன்டெல்சாட்-2' **(Intelsat-2)** ஆகிய சகோதரத் தகவல் தொடர்புச்

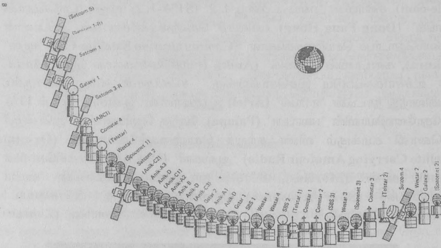
செயற்கைக் கோள்கள் இரண்டும் பசிபிக், அட்லாண்டிக் கடல்களின் மேல் நிலை நிறுத்தப்பட்டன. நிலநடுக்கோட்டின் மேல் 36000 கிலோமீட்டர் தொலைவில் புவியினைச் சூழ்ந்திட்ட முக்கோண அமைப்பின் மூலைகளில் இவை இயக்குவிக்கப்பட்டன. முதன்முறையாக இத்தகைய 'உலகளாவிய ஒளிபரப்பு' **(Global telecast)** 1967 ஜூன் 27 அன்று நிகழ்ந்தது.

சோவியத் ஒன்றியத்தின் 'எக்ரான்', 'கொரிசாந்த்', 'ஆர்பிட்டா-3' **(Orbita-III)**, 'ராதுகா' **(Raduga)**, அமெரிக்காவின் 'சாட்காம்' **(Satcom)**, 'ஸ்பேஸ் நெட்' **(Spacenet)**, 'பனாம்சாட்' **(Panamsat)**, பிரான்சின் டெலிகாம் **(Tele-com)**, சீனாவின் 'எஸ்.டி.டபிள்யூ-1, 2' **(STW-1, 2)** மற்றும் 'டாங்ஃபாங்க் ஹாங்க்' **(Dong Fang Hong)** வரிசைச் செயற்கைக்கோள்கள், ஜப்பானின் 'தகவல்தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்' **(Communication Satellite-CS)**, 'சகுரா' **(Sakura)**, கனடாவின் 'அனிக்' **(Anik)**, (எஸ்கிமோக்களால் இனூட்-**Inuit**-என உச்சரிக்கப்படும் இச்சொல்லுக்கு சகோதரன் என்று பொருள்), இங்கிலாந்து நாட்டின் 'ஏரியல்' **(Ariel)** இந்தியாவின் 'இன்சாட்' (படம் 19:5), இந்தோனேஷியாவின் 'பலாப்பா' **(Palapa)**, மேற்கு ஜெர்மனியின் அமெச்சூர் வானொலி சுமக்கும் விண் சுற்றுச் செயற்கைக்கோளான **(Orbital Satellite Carrying Amateur Radio)** 'ஆஸ்கார்' **(OSCAR)**, மெக்சிகோவின் 'மொரி லோஸ்' **(Morelos)**, பிரேசில் நாட்டிற்காக கனடாவின் 'ஸ்பார் ஏரோஸ்பேஸ்' **(Spar Aerospace)** நிறுவனம் தயாரித்த 'பிரேசில்சாட்' **(Brazilsat)**, இஸ்ரேலின் 'அமோஸ்' **(Amos)**, ஈரானின் 'சோரியா' **(Zohreh)**



படம் 19.5 : இந்தியாவின் 'இன்சாட்'

மற்றும் பிரான்சு, ஆஸ்திரியா, பெல்ஜியம், டென்மார்க், இத்தாலி, நெதர்லாந்து, ஸ்பெயின், இங்கிலாந்து போன்ற பல நாடுகளின் கூட்டமைப்பான ‘ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகம்’ வடிவமைத்த ஐரோப்பியப் பலநோக்கு தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோளான ‘ஒலிம்பஸ்’ **(Olympus)** போன்றவை தொலைத்தகவல் தொடர்பு மற்றும் தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்பு செயற்கைக்கோள்கள் வரிசையில் குறிப்பிடத்தக்கவை. (படம் 19:6)



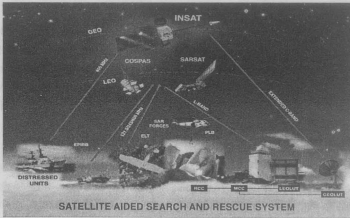
படம் 19.6 : உலகின் பல்வேறு தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள்

பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்கள்

1960 ஏப்ரல் 13 அன்று அமெரிக்கா செலுத்திய ‘டிரான்சிட்-1பி’ **(Transit-1 B)** எனும் விண்ணூர்தியே அந்நாட்டின் முதலாவது ‘பயண அமைப்பியல் செயற்கைக்கோள்’ **(Navigational Satellite)** ஆகும். 380 கிலோமீட்டர் புவி யருகிலும், 705 கிலோமீட்டர் புவிக்கு அப்பாலுமான நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்கியது இச்செயற்கைக்கோள். அதன் ‘வானொலித் தம்பங்கள்’ **(Radio Beacons)** கொடுக்கும் ‘விசில்’ சத்தத்தின் உதவியால் கப்பல்களும், காற்று விமானங்களும் **(aeroplane)** தத்தம் இருப்பிடத்தை உறுதிப்படுத்திக் கொள்ளும்.

பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள் திட்டத்தின் ஒரு பகுதியாக 'சார்சாட்' (**SARSAT**) எனப்படும் "தேடி மீட்கப் பயணத் தடமறிதல்" (**Search and Rescue Aided Tracking**) எனும் கருத்தாக்கம் உருவானது. ஆபத்தில் சிக்கித் தத்தளிக்கும், கப்பல், படகுகள், காற்று விமானங்களுக்கு உதவிக்கரம் நீட்டும் செயற்கைக்கோள் திட்டம் இது. 1982 ஜூன் 29 அன்று செலுத்தப்பட்ட சோவியத்தின் 'காஸ்மாஸ்-1483" எனும் விண்கலமே "சார்சாட்" திட்ட முன்னோடி ஆகும்.

சோவியத் யூனியனின் "காஸ்பாஸ்" (**Cospas**) எனும் செயற்கைக் கோளுடன் இணைந்து செயல்படும் "காஸ்பாஸ்-சார்சாட்" திட்டத்தில் கனடாவும், பிரான்சும் நிறுவன அங்கத்துவம் வகித்தன. இக்கூட்டமைப்பின் கீழ் அமெரிக்காவும், ரஷியாவும் நாட்டிற்கு இரண்டு செயற்கைக்கோள்கள் வீதம் இயக்கி வந்தன. இம்முயற்சியினால் பல்லாயிரக்கணக்கான உயிர்கள் பல்வேறு அபாயங்களிலிருந்து மீட்கப்பட்டு உள்ளன. (படம் 19:7)



படம் 19.7: 'காஸ்பாஸ்-சார்சாட்' விபத்தில் சிக்கிய கலன்களை மீட்கும்

அமெரிக்காவின் 'மேம்படுத்தப்பட்ட டைரோஸ்-என்' (**Advanced Tiros-N**) எனும் துருவப் பாதைச் செயற்கைக்கோள் இவ்வகையில் தனிச்சிறப்புக் கொண்டது. திசை தடுமாறி அபயக் கூக்குரல் எழுப்பும் கப்பல், விமானங்களைக் காப்பாற்றும் நடவடிக்கை அமைப்புகள் இதில் இடம்பெற்றன. இதற்கு 121.5 மெகா ஹெர்ட்சு அலைவரிசை உதவிற்று.

கடற்பயண அமைப்பில் இன்மார்சாட் (**Inmarsat**) திட்டமும் உதவுகிறது. 'பன்னாட்டுக் கடல் தகவல் செயற்கைக்கோள்' (**International Maritime Satellite**) எனும் இவ்வமைப்பில் 45-க்கும் மேற்பட்ட நாடுகள் அங்கம் வகித்து வருகின்றன.

இத்திட்டத்தின் கீழ் 'மாரெக்ஸ்-ஏ' (**Marces-A**) எனும் முதலாவது கடல் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள் 1981-ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதத்தில் பிரெஞ்சு கயானாவின் கூரு ஏவுதளத்தில் இருந்து 'ஏரியான்' ஏவுகலம் மூலம் செலுத்தப்பட்டது. அது 26 பாகை மேற்குத் தீர்க்க ரேகையில் அட்லாண்டிக் கடல்மேல் நிறுத்தப்பட்டது.

பின்னர் 1984 நவம்பர் மாதம் ஏவப்பட்ட 'மாரெக்ஸ்-பி2' (**Marecs-B2**) பசிபிக் கடலின் மேலாக நின்று இயங்கியது. அதிக ஆற்றல் மிக்க நவீனச் செயற்கைக்கோளாகும் இது.

1986 ஜனவரி 14–இல், இவ்விரு செயற்கைக்கோள்களும் தமக்குள் தத்தம் நிலைப்பிடத்தை மாற்றிக்கொண்டன.

எனினும் பசிபிக் போக்குவரத்தைக் கண்காணிக்க 180 பாகை கிழக்குத் தீர்க்க ரேகையில் செயல்பட்ட அமெரிக்க 'இன்டெல்சாட்' (**Intelsat-MCS-D**) ஒன்றும், இந்துமாக் கடலின்மேல் 63 பாகை கிழக்குத் தீர்க்கரேகையில் இயங்கிய மற்றொரு 'இன்டெல்சாட்' செயற்கைக்கோளும் இணைந்து அட்லான்டிக் பகுதியின் புதிய காவலாக வந்த மாரெக்ஸ் பி2 செயற்கைக்கோளுடன் சேர்ந்து உலகளாவிய கடல் போக்குவரத்துப் பயண அமைப்பினைச் சீர்ப் படுத்த உதவின.

எதிர்காலத்தில் 50,000க்கும் மேற்பட்ட கப்பல்கள், விசைப்படகுகளை கண்காணிக்குமாறு இவ்வனத் திட்டங்கள் விரிவாக்கப்படும். எங்கேனும் ஒரு கடல் மூலையில் நேரமும் திசையும் தெரியாமல் அல்லாடும் அல்லது திண்டாடிப் மூழ்கக்கூடிய கப்பல்களை மீட்க இவை வழி வகுக்கும்.

கப்பல் போக்குவரத்தில் மட்டுமன்றி காற்றுவெளிப் (**airspace**) பயணங்களிலும் ஆபத்துகள் பெருகி வருகின்றன அன்றோ?

1978-இல் அமெரிக்காவின் வர்த்தக விமானம் ஒன்று தனியார் விமானத்தோடு வான்வழியிலேயே மோதிச் சிதறிய கோர சம்பவம் சான்டியகோ (**San Diego**) எனும் இடத்தருகே நிகழ்ந்தது. இதுபோன்ற போக்கு வரத்து விபத்துகளைச் சமாளிக்க, பிரின்ஸ்டன் (**Princeton**) பல்கலைக் கழகப் பேராசிரியர் டாக்டர் ஜெரார்டு கே.ஓ. நீல் (**Dr. Gerard K.O. Neil**) ஒரு கருத்தை முன்மொழிந்தார். விண்ணிலும், மண்ணிலும் கடலிலும் இயங்கும்

வாகனங்களுக்கு அவற்றின் இருப்பிடம், நிலை குறித்த துல்லியமான தகவல்கள் வழங்குவதற்கெனத் தனியாக ஓர் அமைப்பு தேவை என்று வலியுறுத்தினார். அவரது சிந்தனையில் 1983-ஆம் ஆண்டு ஆண்டு உருவானதே “ஜியோஸ்டார்” **(Geostar)** கார்பரேசன் எனும் நிறுவனமாகும்.

உலகின் முதலாவது ‘ஜியோஸ்டார்’ செயற்கைக்கோள் **(Geostar-2)** 1986-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் ஏரியான் ஏவூர்தியினால் விண்ணில் செலுத்தப்பட்டது. அதிநவீனத் தகவல் தொடர்பிணைப்புகள் கொண்டிருந்த போதிலும், அது ஏறத்தாழ ஒன்றரை மாதத்திற்கு உள்ளாகவே செயலிழந்து விட்டது.

சமீபத்தில் “இரிடியம்-77” **(Iridium-77)** எனும் விண்வெளித் தகவல் தொடர்புத் திட்டம், பயண அமைப்பில் சிறப்பிடம் வகிக்கிறது. ஒலி, ஒளி, தகவல், படநகல் **(Facsimile)** போன்ற நுணுக்கங்கள் கண்இமைக்கும் நேரத் திற்குள் உலகெங்கும் பரப்புவதன் வழி, உலக உருண்டையினை உள்ளங் கைக்குள் உட்கார வைத்துவிடும் அதிசய முயற்சியாகும் இது. (படம் 19:8)



படம் 19.8: ‘இரிடியம் 77’ திட்டம்

அமெரிக்காவின் லாக்ஹீட் மார்டின் **(Lockheed Martin)** மற்றும் மோட்டரோலா **(Motorola)** தொழிற்கூடங்கள் இரிடியம் செயற்கைக்கோள் களை உருவாக்கி வருகின்றன.

அன்றியும், ‘ஆசிய–பசிபிக் பிராந்திய உலவுத் தொலைத் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள்’ **(Asia Pacific Mobile Telecommunications Satellites)** நிறுவனம் 12 மீட்டர் விட்டமுள்ள அலைதிரட்டி உதவியினால் சீனா, சிங்கப்பூர், ஜப்பான், கொரியா, தென்கிழக்கு ஆசியா, இந்தியா, இந்தோனேஷியா, பாகிஸ்தான், பிலிப்பைன்ஸ் ஆகிய நாடுகளுக்குத் தேவை யான தகவல் தொடர்பு உறவுகளை வலுப்படுத்துவதாகும்.

20

தொலையுணர் செயற்கைக்கோள்கள்

பூமி தன் மடியில் பொதிந்து வைத்துள்ள புவி வளம் **(Geology)**, நீர் வளம் **(Hydrology)**, கடல் வளம் **(Marine Resources)**, கனி வளம், தாதுக்கள், பெட்ரோலியம் முதலான நில எண்ணெய் வளம் போன்ற பல்வேறு இயற்கைச் செல்வங்களின் உறைவிடங்களை, பூமியின் வெளியே, தொலைதூர விண் வெளியிலிருந்து ஒளி, மின்காந்த அலைக் கருவிகளினால் நுணுகி ஆராய்ந்து உணர்வதையே "தொலை உணர்தல்" **(Remote Sensing)** என்கிறோம். (படம் 20:1)



படம் 20.1: தொலையுணர் செயற்கைகோளின் பார்வையில் பதிவாகும் புவிப் பட்டை

துருவப்பாதைச் செயற்கைக்கோளினைச் சொந்தமாக நம் நாட்டிலேயே உருவாக்கிச் செயல்படுத்திய சாதனையின் மூலம் உலகரங்கில் அமெரிக்கா, ரஷியா, பிரான்சு, ஜப்பான் ஆகிய விண்வெளி முன்னேற்ற நாடுகளின் வரிசையில் இன்று பாரதம் ஐந்தாவது இடத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. (அட்டவணை 20:1)

அட்டவணை 20 : 1

உலக நாடுகளின் முதலாவது துருவப் பாதைச் செயற்கைக்கோள்கள் அட்டவணை

எண்	நாடு	செயற்கைக்கோள்	செலுத்திய ஏவுகலம்	நாள்
1	அமெரிக்கா	டிஸ்கவரர் (Discoverer)	தோர்-ஹஸ்டலர் (Thor-Hustler)	பிப்ரவரி 28, 1959
2	சோவியத் ரஷ்யா	காஸ்மாஸ்-144 (Cosmos-144)	–	பிப்ரவரி 28, 1967
3	பிரான்சு	ஸ்பாட் (SPOT)	ஏரியான்	பிப்ரவரி 22, 1986
4	ஜப்பான்	மோஸ் (MOS)	என்-II (N-II)	பிப்ரவரி 19, 1987
5	இந்தியா	ஐ.ஆர்.எஸ்-1 ஏ (IRS-lA)	வாஸ்டாக் (ரஷியக் கலம்)	மார்ச் 17, 1988
6	சீனா	ஃபெங் யுன்-1 (Feng yun-l)	லாங் மார்ச்-4 (Long March-4)	செப்டம்பர் 12, 1988
7	இங்கிலாந்து	இ.ஆர்.எஸ்-1 (ERS-l)	ஏரியான்	ஜூலை 17, 1991

தொலையுணர் தொழில்நுட்பத் துறையின் முதல் முயற்சியாக, 1850-ஆம் ஆண்டுகளில் 'ஏம் லாசிதாட்' **(Aime Laussedet)** என்ற பிரெஞ்சு இராணுவப் பொறியியலாளர், பலூன்களிலும், பட்டங்களிலும் கேமிராக்களை வைத்துப் பறக்கவிட்டார். ஆகாய விமானங்களில் இருந்து எடுக்கப்பட்ட நிழற்படங்கள் அமெரிக்க உள்நாட்டுப் போர்களில் (1861-1865) பெரும் பங்காற்றின. போர்த் தளவாடமாக உதவிய இந்தக் காற்று வெளி நிழற்படவியல் **(Aeral Photography)** நாளடைவில் ஆக்கபூர்வ அறிவியல் ஆய்வுகளுக்கும் பயன்படுத்தப்பட்டது.

குறிப்பாக, மின்காந்த அலைவரிசைத் தொகுதியில் **(Elecromagnetic Spectrum)** ஒரு சில அலைவரிசைகள் மட்டுமே தொலை உணர்வியல் துறையில் பெரும்பாலும் கையாளப்படுகின்றன.

அகச்சிவப்பு ஒளிப்படவியல் (Infra Red Photography)

நிழற்படங்கள் 0.5 மைக்ரோ மீட்டர் (10,00,000 மைக்ரோ மீட்டர் = 1 மீட்டர்) அலை நீள ஒளிக்கதிர் **(Visible Light)** பிரதி பலிப்பினாலும், அகச்சிவப்பு நிழற்படங்கள் **(Infra Red Imageries)** 9.7 மைக்ரோ மீட்டர் அலை நீள 'வெப்ப– அகச் சிவப்பு'க் **(Thermal Infra Red)** கதிர்வரிசையிலும் எடுக்கப்படும்.

வண்ணப் படங்களை விட, அகச்சிவப்பு ஒளிப்படங்கள் ஒரு பொருளின் வெப்ப அலைகளைப் பதிவு செய்யும் திறன் கொண்டவை. அதனால் அகச்சிவப்பு ஒளிப்படத்தில் உண்மையில் நீலநிறம் பச்சையாகவும், பச்சை நிறம் சிவப்பாகவும், சிவப்பு நிறம் அகச் சிவப்பாகவும் புலப்படும். அதாவது அகச்சிவப்பு ஒளிப்படங்கள் 'போலி வண்ணங்'களில் **(False Colour)** தோன்றும்.

சான்றாக, அகன்ற இலைத் தாவரங்கள் சிவப்பு நிறமாகவும், நோய் பீடிக்கப்பட்ட செடிகள் கடுஞ் சிவப்பிற்கும் நீல நிறத்திற்கும் இடைப்பட்ட வண்ணங்களாகவும், நீரினால் பூரிதம் ஆக்கப்பட்ட **(Saturated)** மண், பாறைப் பகுதிகள் நீல நிறமாகவும், வறண்ட நிலங்கள் மஞ்சள் அல்லது கபில நிறமாகவும், செயற்கையான கட்டுமானங்கள், சாலைகள் முதலியன நீல நிறமாகவும் தோன்றும்.

இத்தகைய போலி வண்ணங்களை வெவ்வேறு விகிதத்தில் கலந்து, கணிப்பொறிகளின் **(Computer)** உதவியால் நுணுகி ஆராய்ந்தால் புவி வளத்தின் இயல்புகளையும், அளவுகளையும் கண்டறியலாம். பொதுவாக, வேளாண்மை **(Agriculture)**, வன வளர்ப்பு **(Forestry)**, கடலாய்வு போன்ற

துறைகளில் இத்தகைய 'போலி வண்ணக் கோவைகள்' **(False Colour Composites)** பெரும் உதவி புரிகின்றன.

வெப்ப–அகச் சிவப்பு நிழற்படங்கள் (Thermal Infra Red Images)

புவியின் நிலப்பரப்பில் இருந்து பிரதிபலிப்பாகும் சூரிய வெப்பம், எரிமலைக் கனல், கனரகத் தொழிற்சாலைகள் மற்றும் அனல் மின்சக்தி நிலையங்களில் இருந்து கண்ணுக்குப் புலப்படாமல் வெளிப்படும் வெப்பக் கதிர்வீச்சே, அகச்சிவப்பு நிழற்படங்களாகப் பதிவாக்கப்படும். புவிப் பரப்பில் இருந்து வெளிப்படும். இவ்வெப்பக் கதிர்வீச்சினை, இரவு வேளைகளிலும் அகச்சிவப்பு நிழற்படங்களாகப் பதிவாக்குதல் எளிது. ஒவ்வோர் இடத்திலும் வெளிப்படும் வெப்ப அளவின் தாக்கத்திற்கேற்ப வெவ்வேறு இடங்களின் நிழற்படங்களிலும் நிற அடர்த்தியில் வேறுபாடுகள் தென்படும்.

மேற்குறித்த வகையில் செயற்கைக்கோள்கள் எந்தவித மின்காந்தக் கதிரலைகளும் செலுத்தாமல், இயற்கையாகவே புவிப்பொருட்கள் வெளியிடும் வெப்பக் கதிர்கள் மட்டுமே பதிவாக்கப்படுகின்றன. இதனை (மின்காந்த) 'வினையறு படப்பிடிப்பு' **(Passive Imaging)** என்பர். இங்கு கண்ணாடி வில்லைகள் **(Lenses)** பொருத்தப்பட்ட ஒளிக் கருவிகள் **(Optical system)** கையாளப் பெறும். புவிப் பரப்பிலிருந்து கிளம்பும் வெப்பக் கதிர்வீச்சு அடிப்படையிலான திணைப்பட வரைவு **(Thematic mapping)** மற்றும் பல வண்ண அலைநீளங்களில் தகவல்களைச் சுமந்துவரும் வினையறு படப்பிடிப்பு முறைகள் இன்று ஏராளம் எனலாம்.

செயற்கைத் துளை ரேடார்

செயற்கைக்கோளில் இருந்து பிறப்பிக்கப்படும் 'ரேடார்' **(Radar)** வகை நுண்ணலைக் **(Micro-wave)** கதிர்களைப் புவி மேல் பாய்ச்சி, அவற்றின் பிரதிபலிப்பைப் பதிவாக்குவது, (மின்காந்த) 'வினை புரி பதிவாக்கம்' **(Active Imaging)** ஆகும். இவ்வகையில், 'செயற்கைத் துளை ரேடார்' **(Synthetic Aperture Radar)** கருவிகள் முக்கியம் ஆனவை. மேக மூட்டம், மூடு வனங்களையும் **(Closed Forests)** ஊடுவிச் சென்று நிலப்பரப்பைப் படம் பிடிக்கும் திறன் கொண்டவை.

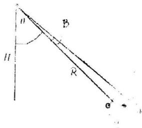
சாதாரண ஒளிப்படக் கருவிகள் ஒரு பொருளைத் தளப் பரிமாணங் களில் மட்டுமே படம் பிடிக்கின்றன. ஆயின், அதன் உயரம் அல்லது ஆழம் குறித்து அறிவிக்க இந்த நவீன செயற்கைத் துளை ரேடாரினால் இயலும்.

ஒரே ஒரு ஜன்னல் உள்ள கூண்டு வண்டிக்குள் அமர்ந்தவாறு பயணம் செய்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். சாலை ஓரத்தில் தனியாக நிற்கும் ஒரு கட்டடத்தின் முகப்பு மட்டும் முதலில் நம் கண்ணில்படுகிறது. ஆனால் வண்டி நகர்ந்து செல்லுந்தோறும் நாம் கவனித்து வந்த கட்டடத்தின் பக்கவாட்டுச் சுவரும் அதன் நீளமும், அமைப்பும் முழுமையாக நமக்குப் புலப்படும். இதன் வழி சின்னதொரு சாளரத்தினுடே மிகப் பிரம்மாண்டமான ஒரு கட்டடம் நீள, அகல, உயரமாகிய முப்பரிமாணப் பார்வையில் தென்படுகிறது. அந்த அளவுக்கு அகண்ட ஜன்னல் நம் வண்டியில் இல்லவும் இல்லை. செயற்கையாய் உருவாக்கியதனைப் போன்ற 'நீள்சாளர'த் துளைவழியே ரேடார் கதிர்களைப் பாய்ச்சி திரவமாக்கும் நுட்பம் மூலம், ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளம் கொண்ட மின்காந்தக் கதிர்களைச் செலுத்தி அவை பொருளில் பட்டுத் திரும்பி வரும் கால தாமதத்தைக் கணித்து பொருளின் தொலைவையும் இயல்பையும் அறியலாம். இவ்வாறு 'செயற்கைத் துளை அல்லது சாளர ரேடார்' உத்தியால் தொலைவிலிருந்தே ஒரு பொருளைத் துல்லியமாக இனங் காணலாம்.

அமெரிக்காவின் நிம்பஸ்-1 (**Nimbus-1**) என்னும் வானிலை ஆய்வுச் செயற்கைக்கோளில் இப்புதிய தொழில் நுட்பம் கையாளப் பெற்றது. அதில் பெறப்பட்ட தகவல்களே, தொலையுணர் அகழ்வாராய்ச்சிக்கு முதன் முதலில் வித்திட்டது எனலாம்.

ரேடார் நுட்பம்

இங்கு ரேடார் இயக்கநுட்பம் குறித்தும் விளக்கலாம். (படம் 20:2) விமானத்தில் பொருத்தப் பெற்ற ரேடாரில் பாய்ச்சும் அலைத்துடிப்பு '**t**' நேரம் நீடிப்பதாக இருக்கட்டும். வானில் மிதந்தவாறே பக்க வாட்டில் நோக்கும் ரேடாரில் இருந்து மீண்டும் அடுத்த துடிப்பு வெளிப்படும்போது '**C t**' அளவில் பாதி தூரம் கடந்து இருக்கும். இங்கு '**C**' என்பது ஒளிவேகம், இது நொடிக்கு இலட்சம் கிலோ மீட்டர்கள்.



ϕ = ரோடர் பார்வைக் கோணம்
H = குத்துயரம்
R = சாய் நெடுக்கம்
T = துடிப்புக் காலம்
B = கோண வேறுபாடு
X = நீள வாட்டு இடப்பெயர்ச்சி
Y = தரை நெடுக்க இடப்பெயர்ச்சி

படம் 20.2: ரேடார் நுட்பம்

ரேடார் ஆகாயத்தில் நகர்ந்து செல்வதனால் அக் கணப்பொழுதினுள் பயணத்திசைக்கு பக்கவாட்டில் தரை நெடுக்க **(Ground Range)** இடப்பெயர்ச்சி

$$y = \frac{Ct}{2 \text{ சைன் } \phi}$$

இங்கு 'ϕ' என்பது ரேடார் பார்வைக் கோணம். அதில் 'சைன்' என்பது திரிகோண விகிதம். விமானம் பறக்கும் குத்துயரம் 'H' என்றும், பக்கவாட்டு சாய்நெடுக்கம் **(Slant range) R** என்றும் கொள்வோம். பக்க வாட்டுக் கோண மாறுபாடு B என்றிருந்தால் இடப்பெயர்ச்சி அளவு

$$x = BR = \frac{BH}{\text{காஸ் } \phi}$$

இனி அலைத்துடிப்பின் பிரிதிறன் **(resolution cell)** பரப்பு அளவு

$$y \ x \quad x = CtBH / \text{சைன் } 2 \ \phi$$

சான்றாக, ரேடார் பார்வைக் கோணம் 45 பாகை அளவிலும், அதன் குத்துயரம் 300 மீட்டர்கள் என்றபடியும் 't' அளவு 200 நானோவிநாடி (நொடியில் நூறு கோடியில் ஒரு பங்கு) அளவிலும், 'B' ஏறத்தாழ 0.22 ரேடியன் அளவிலும் அமைந்தால் பிரிதிறன் பரப்பு 1980 சதுரமீட்டர்கள் அளவாக அமையும்.

பன்னிறமாலை நிழற்படங்கள்

வானூர்தியில் பொருத்தப் பெற்ற பன்னிறமாலை ஒளிப்படக் கருவி **(Multispectral Photography)** 25 முதல் 100 நானோமீட்டர் அலைப்பட்டை அகலம் கொண்ட ஒளிவடிகட்டிகள் உதவியுடன் எடுத்த நிழற்படங்கள் ஏறத்தாழ 1 சதுரமீட்டர் இடைவெளியில் வளரும் பயிர்களையும் துல்லியமாகப் பதிவு செய்யக் கூடியவை.

ஆரம்ப முயற்சிகள்

1960-ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்கா செலுத்திய "டைரோஸ்-1' **(TIROS-1)** எனப்படும் வானியல் ஆய்வு விண்கலனும், ஜெமினி **(Gemini)**, அப்போலோ **(Apollo)** விண்வெளிப் பயணிகளும் எடுத்து அனுப்பிய நிழற்படங்கள் புவியின் புறப் பரப்பினை ஆராய உதவின. 1972 ஜூலை மாதத்தில் 'புவி வளங்கள் தொழில் நுட்பச் செயற்கைக்கோள்' **(Earth Resources Technology Satellite – ERTS)** என்ற வகையில் அமெரிக்கா 'லேண்ட்சேட்-1 **(LANDSAT-1)** எனும் செயற்கைக்கோளைச் செலுத்தியது.

இதனைத் தொடர்ந்து, 1973, 1974-ஆம் ஆண்டுகளில் 'ஸ்கைலேப்' **(SKYLAB)** விண்கலன்கள் நடத்திய சோதனைகளில் சில இன்றைய தொலை உணர் செயற்கைக்கோள்களின் ஆரம்ப முயற்சிகள் எனலாம்.

அவ்வாறே கடலின் அடி ஆழப் படிவங்கள், மீன் வளம் நிறைந்த பகுதிகள், கரை அரிப்பு போன்ற பல்வேறு கடலியல்புகளை உணர்வதற்கு 'ஜியோஸ்-3' **(GEOS-3)**, 'சீசேட்' **(SEASAT)** போன்ற செயற்கைக்கோள்களும் உருவாக்கப்பட்டன. ஆயினும் உலகின் முதலாவது துருவப்பாதைச் செயற்கைக் கோள், அமெரிக்காவின் 'டிஸ்கவரர்-1' **(Discoverer-1)** ஆகும்.

சோவியத் ஒன்றிய வானியல் ஆய்வு அமைப்பின் **(Meteor System)** கீழ், 1967ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரி 28, ஏப்ரல் 27 ஆகிய நாள்களில் செலுத்தப்பட்ட 'காஸ்மாஸ்' வரிசை **(Cosmos 144. Cosmos 156)** துருவப்பாதைச் செயற்கைக் கோள்கள் பல்வேறு ஆய்வுகளில் ஈடுபட்டன. வட கடலில் பனி உறை பகுதிகளைக் கண்டு அறியவும், வணிகக் கப்பல்கள், மீன்பிடி படகுகளுக்கு உகந்த போக்குவரத்துப் பாதைகளைத் தேர்ந்தெடுக்கவும், கடலில் மையமிட்டுக் கிளம்பும் சூறாவளிச் சலனங்களைப் பதிவு செய்யவும், வானிலையை முன்அறிவிக்கவும் **(Weather Forecast)** இவை சிறப்பாகப் பங்களித்தன.

அடுத்து, துருவப்பாதையில் அன்றி தாழ்ந்த புவி வட்டப்பாதை **(Low Earth Orbit)** விண்வெளியில் இருந்து புவியைக் கூர்ந்து ஆராயும் **(Earth Observation)** முயற்சி என எடுத்துக்கொண்டால், 1979, 1981-களில் முறையே இந்தியா செலுத்திய இரு 'பாஸ்கரா' செயற்கைக்கோள்களாகும், இவை மூன்றாவது இடத்தைப் பிடித்துள்ளன.

ஏறத்தாழ 1974-ஆம் ஆண்டு மத்தியில் அமெரிக்காவின் 'பன்னாட்டு அறிவியல் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சி வாரியம்' **(Board on Science and Technology for International Development – BOSTID)** முன்னேறி வரும் நாடுகளின் இயற்கை வள உறைவிடங்களைத் தொலை உணர் செயற்கைக் கோள்களின் மூலம் கண்டறிந்து உதவ முன் வந்தது. 1975, 1978, 1982, 1984ஆகிய ஆண்டுகளில் அமெரிக்காவின் 'லேண்ட்சேட்' செயற்கைக்கோள்கள் வழங்கிய தொலையுணர் தகவல்களினால் எகிப்து, கினியா, லிபியா, சூடான், தென்ஆப்பிரிக்கா, உகாண்டா, தான்சேனியா, செய்ர் சாம்பியா போன்ற பல ஆப்பிரிக்க நாடுகளும், இந்தியா, பர்மா, பாகிஸ்தான், பங்களாதேஷ், இலங்கை போன்ற கிழக்காசிய நாடுகளும், ஈரான், ஈராக், சவுதி அரேபியா, துருக்கி போன்ற அரபு நாடுகளும் பயன்பெற்றன.

1986-ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரி 22 அன்று சி.என்.இ.எஸ். **(CNES – Centre National d' Etudes Spatiales)** எனப்படும் பிரெஞ்சு தேச விண்வெளிக் கழகம் 'ஸ்பாட்' **(SPOT)** என்னும் தொலை உணர் செயற்கைக்கோளினை **(Satellite Probatoire d' Observations Terrestics)** துருவப்பாதையில் செலுத்திற்று. பிரெஞ்சு நாட்டு 'ஸ்பாட் இமேஜ்' **(SPOT IMAGE)** என்ற வணிக நிறுவனத்துடன் செய்துகொண்ட ஒப்பந்தத்தின் பேரில், இந்தியா, கனடா, சீனா, ஜப்பான் போன்ற நாடுகளும் இச்செயற்கைக்கோளின் 'வாடிக்கையாள'ராகி ஆய்வுகள் நிகழ்த்தின. அளவிலும், செயல்பாட்டிலும் திறன்மிக்க இச்செயற்கைக்கோள் புவியின் 10 மீட்டர் இடைவிட்ட **(Resolution)** இரு இடங்களைக்கூட மிகத் துல்லியமாகப் படம் பிடிக்கவல்லதாகும்.

1987-ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரி 19 அன்று ஜப்பான் 'மோஸ்-1' **(Mos-1)** என்னும் தொலை உணர் செயற்கைக்கோளை என்-II **(N-II)** என்ற இரண்டு கட்ட ஏவூர்தி மூலம் விண்ணில் பறக்கவிட்டது. இக் 'கடல் ஆய்வு செயற்கைக்கோள்' **(Marine Observation Satellite)** ஏறத்தாழ 909 கிலோ மீட்டர் உயரத் துருவ வட்டப் பாதையில் இயங்கியது.

1979-ஆம் ஆண்டில் இந்தியாவின் 'அறிவியல் தொழில் நுட்பவியல் துறை' **(Department of Science and Technology)** ஐதராபாத்தில் 'தேசியத் தொலையுணர் கழகம்' **(National Remote Sensing Agency)** எனும் அமைப்பினை உருவாக்கிற்று. தொடக்கத்தில் ஆவ்ரோ **(Avro)**, டகோடா **(Dakota)** போன்ற காற்றூர்திகளும், பலூன்களும் சுமந்து சென்ற கேமிராக் களினால் நிழற்படங்கள் சேகரிக்கப்பட்டன. ஆயினும் தேசியத் தொலையுணர் கழகம் இந்திய விண்வெளித்துறையுடன் **(Department of Space)** இணைக்கப்பட்ட பின், 'லேண்ட்சேட்', 'ஸ்பாட்' செயற்கைக்கோள்கள் அனுப்பும் தகவல்களைப் பெற்று ஆராய்வதற்கென, 1979ஆம் ஆண்டு ஐதராபாத்திற்கு 50 கிலோமீட்டர் தொலைவில் ஷட்நகர் **(Shadnagar)** எனுமிடத்தில் புவி நிலையம் **(Earth Station)** ஒன்றும் நிறுவப்பட்டது.

நமது நாட்டில் 1966-ஆம் ஆண்டு 'இந்திய நிழற்பட விளக்க நிறுவனம்' **(Indian Photo Interpretation Institute)** எனும் பெயரில் தொடங்கப்பட்ட 'இந்தியத் தொலையுணர் நிலையம்' **(Indian Institute of Remote Sensing, IIRS)** இன்றும் டேராடூனில் இயங்கி வருகிறது; உயர் அதிகாரிகளுக்கு இத்துறையில் ஒரு வார சிறப்புப் பயிற்சியும், இடைநிலை மேற்பார்வையாளர், மேலாளர்களுக்கு அடிப்படை வகுப்புகளும், அறிவியலார், பொறியியலாளர்க்கு முதுகலை 'டிப்ளமா' வகுப்புகளும் இந்நிறுவனத்தால் நடத்தப்பட்டு வருகின்றது.

தவிர, ஐதராபாத்தில் ‘தேசியத் தொலையுணர் கழகம்’, அகமதாபாத்தில் ‘விண்வெளிப் பயன்பாடு மையம்’ (**Space Application Centre-SAC**), மும்பையில் ‘இந்தியத் தொழில் நுட்பவியல் நிறுவனம்’ (**Indian Institute of Technology**), சென்னையில் அண்ணா பல்கலைக் கழகத்தின் ‘தொலை யுணர் நிலையம்’ (**Institute of Remote Sensing**), டேராடூனில் ‘இந்திய புவி அளவீட்டு நிறுவனம்,’ (**Geological Survey of India**), நாக்பூரில் தேசிய மண்வள அளவியல், நிலப்பயன் திட்டக் கூட்டமைப்பு (**National Bureau of Soil Survey and Land use Planning**) போன்ற பல நிறுவனங்களும் ‘தேசிய இயற்கை வள மேலாண்மை அமைப்பின் கீழ்த் (**National Natural Resources Management System**) தொலையுணர் துறையில் சிறந்த பயிற்சிக் கூடங்களாகச் செயல்பட்டு வருகின்றன.

21

தொலையுணர் ஆய்வுகள்

விமானத்தில் பறந்தவாறே படம்பிடிப்பதைவிட அதிக நேர்த்தியுடனும், அறிவியல் நுட்பத்துடனும், பூமியைப் பதிவு செய்திட விண்வெளியில் சுற்றி வந்தால் போதும். அதனால் செயற்கைக்கோள்களை முன்வைத்து தேசிய அளவில் வேளாண் ஆய்வுகளும், கருத்தரங்குகளும் இன்று முதன்மை பெறுகின்றன.

செயற்கைக்கோள்களிலும் பலவகையும், தரமும் உண்டு. செயற்கைக்கோள்கள் பல்வேறு உயரங்களில், பலவிதச் சுற்றுப்பாதைகளில் இயங்குவன. அவற்றுள், உலகின் துருவப்பாதைவழி புவி சுற்றும் தொலையுணர் செயற்கைக்கோள்கள் அதி நவீனத் தொழில்நுட்பங்கள் அடங்கியவை. ஏறத்தாழ 900 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் பறந்தவாறே சூரிய ஒளி சீராக விழும் ஒரே தலநேரத்தில் தினந்தோறும் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தினைப் பதிவு செய்யும் ஆற்றல் கொண்டவை என்று விளக்கினோம். அதே இடம் மீண்டும் 22 நாட்களுக்குப் பின் அதே தலநேரத்தில் மீண்டும் கவனிக்கப் பெறுவதனால், குறிப்பிட்டதொரு ஒரு குறித்த நிலப் பரப்பினை தொடர்ந்து கண்காணிக்க இயலும்.

இந்தியாவின் ஐ.ஆர்.எஸ்-1சி மற்றும் 1டி ஆகிய செயற்கைக்கோள்களில் 'மின்னூட்டம் இணைக்கப்பட்ட கருவி' **(Charge Coupled Device)** பொருத்தப் பெற்று இருக்கும் அவை பதிவாக்கும் பிம்பங்கள் போலிவண்ணத் தோற்றம் **(false colour imagery)** கொண்டவை. (படம் 21:1)

இத்தகைய 'சூரிய ஒத்தியக்கச் செயற்கைக்கோள்கள்' **(Sun Synchronous Satellites)** பற்றி நாம் அறிவோம். அவற்றைப் பயன்பாட்டு அடிப்படையில் மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம்.



படம் 21.1: இந்தியத் தொலையுணர் செயற்கைக்கோளின் பார்வையில் போலிவண்ணத்தில் தோன்றும் இந்திய நிழற்படம்

1. மேக வரியோட்டம் (Cloudscan)

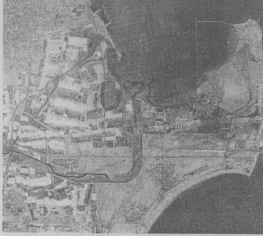
மழை, தட்பவெப்பம், காற்றுவீசும் திசை போன்ற வானிலையியல் ஆராய்ச்சியில் அமெரிக்காவின் 'டைரோஸ்-என்' **(TIROS - Television and Infra-Red Observation Satellite)**, 'கோயஸ்' **(GOES - Global Operational Environmental Satellite)**, ஐரோப்பிய 'மீட்டியோசாட்' **(METEOSAT)** ஆகியன குறிப்பிடத்தக்கவை.

2. நில வரியோட்டம் (Landscan)

புவிவளங்கள் ஆய்வுக்கு அமெரிக்காவின் 'லேண்ட்சாட்' **(LANDSAT)**, சோவியத் நாட்டு 'காஸ்மாஸ்', பிரெஞ்சு 'ஸ்பாட்' **(SPOT -System Probatoire d'Observation de la Terre)**, இந்தியத் தொலையுணர் செயற்கைக்கோள் களான 'ஐ.ஆர்.எஸ்' **(IRS - Indian Remote Sensing Satellite)** உகந்தவை.

3. கடல் வரியோட்டம் (Seascan)

கடல்வள மேலாண்மைக்கு அமெரிக்காவின் 'சீசாட்' **(SEASAT)**, 'ரேடார்சாட்' **(RADARSAT)**, இந்தியாவின் 'ஒஷன்சாட்' **(Oceansat)**, ஜப்பான் நாட்டு 'மோஸ்' **(MOS - Marine Observation Satellite)** ஆகியன சிறப்பிடம் வகிப்பவை. கடலியல் **(Oceanography)** ஆய்வினில் கடல்மேற்பரப்பு வெப்ப நிலை அளப்பு, பனிப்படலம் கண்டு துலக்குதல், வானிலையியல் ஆகியன உட்படும். (படம் 21:2)



படம் 21.2: 2009-ஆம் ஆண்டு டிசம்பரில் சுனாமிக்கு முன்னரும் பின்னரும் இந்திய 'ரிசோர்ஸ்சாட்-1' செயற்கைக்கோள் எடுத்த படங்கள்

'ஜிஸ்' அமைப்பு

'பிம்ப அலசல் அமைப்புகள்' **(Image Processing System)** அடிப்படையிலான 'ஜிஸ்' **(GIS)** எனப்படும் புவியியல் தகவல் ஒருங்கு **(Geographic Information System)**, வேளாண்நிலம் மற்றும் ஆக்கபூர்வ நிலப் பயன்பாடுகளுக்குக் கையாளத் தகும் கணினி நுட்பங்கள் பற்றி உலகெங்கும் ஆய்வுகள் தொடர்கின்றன.

ஆயின் வேளாண்துறைக்குப் பயன்படும் நில வரியோட்டச் செயற்கைக் கோள்களின் பின்வரும் பயன்பாடுகள் முக்கியமானவை.

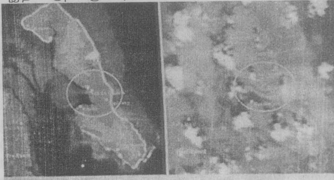
(அ) நீர்வளவியல் **(Hydrology)** – நிலம் மீதில் படிந்துள்ள பனிப் படிவங்கள், நீர்நிலைகள், நிலத்தடி நீர்சேமிப்பு குறித்த தகவல்கள்.

(ஆ) வேளாண்மை **(Agriculture)** – பயிர்க்கண்காணிப்பு **(Crop monitoring)**, சாகுபடி நிலப் பாதுகாப்பு **(Conservation)**, வனவியல் **(Forestry)**, பூச்சி ஒழிப்பு குறித்த இயல்.

(இ) புவியியல் **(Geology)** – பூமி மடியில் இயற்கை அன்னை பொதிந்து வைத்துள்ள கனிமங்கள், நிலத்தடி எண்ணெய் மற்றும் எரிவாயுக்கள் போன்றவற்றின் அளவு, இயல்புகள், அனுமானம் முதலியன புவி வரலாற்றில் சார்ந்தவை.

(ஈ) சுற்றுச்சூழல் **(Environmental)** – புகைமூட்டம், மாசுக் கட்டுப்பாடுகள், கடற்கரையோரப் பேணுகை, எரிமலை வெடிப்புகள் கண்காணிப்பு.

(உ) நிலப்பயன்பாடு **(Land use)** – நாடுகள், கண்டங்களின் எல்லைகளைத் துல்லியமாகக் காட்டும் திணைப்படவியல் **(Cartography)**, தொல் பொருளாய்வு, அகழாராய்ச்சி, கட்டடப் பொறியியல், நகரமைப்பு முதலிய துறைகள் இதில் அடங்கும். (படம் 21 : 3)



படம் 21.3: 1997 அக்டோபர் 7 அன்று இந்தியத் தொலையுணர் செயற்கைக்கோள் 'ஐ.ஆர்.எஸ்-1டி' பார்வையில் தூத்துக்குடி. 5.8 மீட்டர் இடைவெளியைத் துல்லியமாகப் பதிவு செய்யும் இதன் விரிகோணக் காமிரா கடலோர உப்பளங்களைத் தெளிவாகப் பதிவாக்கியது.

அமெரிக்காவின் 'நோவா' **(NOAA)** 'தேசியக் கடல் மற்றும் வளிமண்டல நிருவாகம்' **(National Oceanic and Atmospheric Administration)** என்னும் அறிவியல் நிறுவனம் லேண்ட்சாட் செயற்கைக்கோளினை நிருவகிக்கிறது.

தாய்வான் நாட்டில் ஷின் சூ எனுமிடத்தில் தொழிலகத் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சி நிலையம் **(Industrial Technology Research Institute)** இத்துறையில் அரும்பணி ஆற்றி வருகின்றது.

நம் நாட்டிலும் ஆந்திரப்பிரதேசத்தில் ஐதராபாத் நகரிலுள்ள 'தேசியத் தொலையுணர் முகவையின் கீழ் **(National Remote Sensing Agency)** தெற்கே பெங்களூர், வடக்கே டேராடுன், மத்திய மண்டலத்தில் நாக்பூர், கிழக்கே கரக்பூர், மேற்கே ஜோத்பூர் ஆகிய நகரங்களில் 'மண்டலத் தொலையுணர் சேவை மையங்கள்' **(Regional Remote Sensing Services Centre - RRSSC)** இயங்கி வருகின்றன. அவை வேளாண் நிலங்கள் கண்காணிப்பு, பராமரிப்பு, சுற்றுச்சூழல் பாதுகாப்பு, இயற்கை வள அளப்பு போன்ற பல வகைகளில் வேளாண்துறைக்கு உதவி வருகின்றன.

சென்னையில் அண்ணா பல்கலைக் கழகத்திலும் 1982-ஆம் ஆண்டு தொலையுணர் பயிற்றகம் நிறுவப்பட்டு அதில் ஐம்பதுக்கும் மேற்பட்ட ஆய்வுத் திட்டங்கள் இன்றுவரை நிறைவேறியுள்ளன.

பன்னிறமாலை வரியோட்டி

1982-ஆம் ஆண்டு திணைப்பட அலைப்பதிவியும், **(Thematic mapper)**, பன்னிறமாலை வரியோட்டியும் **(Multi-spectral scanner)** இணைந்த கருவி அமெரிக்க லேண்ட்சாட் செயற்கைக்கோளில் இடம்பெற்றது. பிரேசில் நாட்டு பரானா மாநிலத்தில் சோயாபீன்ஸ், மக்காச்சோளம், கரும்பு போன்ற வணிகப் பயிர் விளைநிலங்கள் முழுமையான ஆய்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்டன. 'அண்மை அகச் சிவப்புக் கதிர் அலைவரிசை' **(Near infra-red)** இங்கு கையாளப்பெற்றது.

அவ்வாறே இத்தாலியில் 'போ' எனும் பள்ளத்தாக்கு மற்றும் அர்ஜென்டினாவில் மெண்டோசா மாகாணங்களில் பண்ணை விவசாயத்தில் வருடாந்தர நெல், கோதுமை, சீனிக்கிழங்கு, சோயாபீன்ஸ், மக்காச்சோளம் போன்ற பயிரின மேனி அளப்புக்கு இந்த லேண்ட்சாட் பன்னிறமாலை வரியோட்டி உதவிற்று.

அலைச்சிதறல் அளவியும் நில அமைப்பும்

நிலத்தில் பட்டுச் சிதறும் ரேடார் கதிர் அளவினை அலைச்சிதறல்அளவி **(Scatterometer)** துல்லியமாகப் பதிவு செய்யும். இதன்வழி ரேடார் அலைகளின் திறனுக்கு ஏற்ப அந்த நிலம் சதுப்பு நிலமா, வேளாண்மைக்கு உகந்த நிலமா என்றெல்லாம் கூட இனங்காணமுடியும்.

இந்தியாவிலும் மும்பை இந்தியத் தொழில்நுட்பப் பயிற்றக விஞ்ஞானிகள், லேண்ட்சாட் படங்கள் வழி ஆற்றுமணல், கழிமுகக் களிமண், செம்மண், கரும்பஞ்சுமணல் **(black cotton soil)**, வெண்மணல் என்று தரம் பிரித்து அளந்தனர்.

ஆந்திரப்பிரதேசத்தில் போதிய மழைபெற்ற பின் வசந்த பருவங்களில் நெல், கரும்பு, வாழை உற்பத்தியும், வறண்ட குளிர்ப் பருவங்களில் கடலை முதலான பயிர்கள் விளைச்சலும் இத்தகைய செயற்கைக்கோள்களினால் முழுமையாகப் படம்பிடிக்கப்பட்டன. வெவ்வேறு பருவ காலங்களில் மண் வள இயல்புகளுக்கு ஏற்ப, அவ்வப்போது சாகுபடி அளவு மாறுபடுவதும் கண்டறியப் பெற்றது.

இந்திய விண்வெளி–வேளாண்திட்டங்கள்

நாடாம்ஸ் திட்டம்

அமெரிக்க நாட்டு 'நோவா' செயற்கைக்கோளில் இடம்பெறும் மேம்பட்ட அதிஉயர் பிரிதிறன் கதிரலை அளவி **(Advanced Very High Resolution Radiometer)** உதவியினால் பசுமைக் குறியீட்டு எண் **(Vegetation Index)** அளவினை அறிந்து கொள்ள இயலும்; இலைகள், தாவரங்கள், காடுகள் போன்றவற்றின் பசுமைக் குறியீட்டு அளவு இது.

ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டபடி மர இனங்கள் போலிவண்ணங்களில் வெவ்வேறு நிறங்களில் பதிவாகும். ஆரோக்கியமான தென்னைகள் நல்ல சிவப்பு நிறத்திலும், பழுத்த பலா மரங்கள் பொலிவான சிவப்பு வண்ணத்திலும், முந்திரித் தோப்புகள் கருஞ்சிவப்பாகவும் போலி வண்ணப் பிம்பங்களாகக் காட்சி தருவனவாகும்.

நம் நாட்டிலும் செயற்கைக்கோள்களால் காலாந்தர அடிப்படையில் வனங்களின் 'பசுமைக் குறியீட்டு அளவெண்' பதிவு செய்யப்படுகின்றது. 'இந்திய வன அளவீட்டு' நிறுவனம் **(Forest Survey of India)** இரண்டு ஆண்டுகள் இடைவெளியில், மாறுபடும் காடுகளின் பரப்பளவை **1 : 250,000** என்கிற விகிதாச்சார வரைபடமாக வரைந்து வைத்து உள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, இந்தியாவில் பஞ்சாப் மாநிலத்தின் பிவானி மாவட்டத்தின் வறட்சி, பெரு மழை, இயல்பு நிலை ஆகியன முறையே 1967, 1988, 1991 ஆகிய ஆண்டுகளின் வேளாண் பசுமைக் குறியீட்டு அளவுகளைப் பதிவாகப்பட்டு உள்ளன.

வளிமண்டலத்தில் அதிகரித்து வரும் கரியமிலவாயு, ஒசோன் முதலான 'பசுமைக் குடில் வாயுக்கள்' **(Green House gases)**, காற்று மாசுகள் தொடர்பான வானிலை இயல்புகள் வேளாண்மையைப் பாதிப்பனவாகும்.

அந்தந்தப் பிராந்தியங்களின் தட்ப வெப்ப மாற்றங்களுக்கு ஏற்ப அங்கங்கே விளைச்சல் அளவும் (பசுமைக் குறியீட்டு அளவெண்) வேறுபடும். செயற்கைக்கோள்கள் சேகரிக்கும் இந்த அளவீடு 'இயல்பாக்கப்பட்ட வேளாண் குறியீட்டு அளவெண் வேறுபாடு' **(Normalised Difference Vegetation Index)** என்னும் முறையில் பதிவு செய்யப்படும். அந்தத் தகவல்கள், 'நாடாம்ஸ்' **(NADAMS)** எனப்படும் 'தேசிய வேளாண் வறட்சி மதிப்பீடுமற்றும் கண்காணிப்பு அமைப்பு' **(National Agricultural Drought Assessment and Monitoring System)** உதவியுடன் அந்தந்த மாநிலங்களுக்கு அளிக்கப் பெறுவனவாகும். இந்தியாவில் இத்திட்டத்தின் கீழ் வறட்சிக்கு உட்படத்

தகும் 246 மாவட்டங்களுக்குச் செயற்கைக்கோள் தரும் வேளாண் குறிப்புகள் மாதமிருமுறை சஞ்சிகைகள் வழி தெரிவிக்கப் பெறுகின்றன. இன்று அகில அனைத்திந்திய வானொலி மற்றும் இந்திய அரசுத் தொலைக்காட்சிகளும் இத்தகைய அரிய பணியில் ஈடுபட்டு உள்ளன.

'ஐ.எம்.எஸ்.டி' திட்டம்

விண்வெளித்துறையின் மற்றொரு திட்டமானது, 'வளங்குன்றா மேம்பாட்டுக்கு ஒருங்கிணைந்த திட்டம்' (**Integrated Mission for Sustainable Development**) ஆகும். இந்தியத் துணைக்கண்டத்தில் சற்றேறக் குறைய பாதி நிலப் பகுதியில் அடங்கிய 174 மாவட்டங்கள் வெள்ளப் பெருக்கு மற்றும் வறட்சிக்கு உட்படும் பிரதேசங்களாக அறிவிக்கப் பெற்றுள்ளன. ஆழமான மண் வளங்கொண்ட பிரதேசங்கள் மழைநீரை உறிஞ்சியும், நிலத்தடி நீரைச் சேமித்தும் செழிப்புற இத்திட்டம் உதவும். அன்றியும், நடுத்தர மண்ஆழமும், சற்றுச் சரிவும் கொண்ட பிரதேசங்களில் மண் அரிப்பைத் தடுத்து வேளாண்மை பெருகப் போதிய வழிமுறைகளை அறிவுறுத்துவதே இத்திட்டத்தின் நோக்கம் ஆகும். ஆயின், செங்குத்தான மலைப்பகுதிகள் வேளாண்மைக்கு உகந்தவை அல்ல. அங்கு காடுகள் வளர்ப்பதே ஏற்புடையதாகும்.

பெரும்பாலும் வடகிழக்கு மாநிலங்களில் ஒருசில அறுவடைகளுக்குப் பிறகு அந்த நிலங்களைத் தீயிட்டு எரித்து விட்டுப் புதுப்புது பயிர்நிலங்களை நாடிச் செல்வது உண்டாம். அதனை அவர்கள் 'ஜூமிங்' என்று சுட்டுவர். மாற்றுப் பயிர் விளைவிப்பதற்குப் பதிலாக மாற்று நிலம் தேடும் இத்தீய வழக்கத்தினால் சுற்றுச்சூழல் மாசுபடும். அத்துடன் விவசாயிகள் நிரந்தரக் குடியிருப்பு இன்றி அவ்வப்போது இடம்பெயரும் அவலம் வாழ்வியல் சிக்கல் களுக்கு வழி வகுக்கும். இந்தப் பாமர மக்களுக்கு, விண்வெளித் துறையின் வளங்குன்றா மேம்பாட்டுக்கு ஒருங்கிணைந்த திட்டம் ஒரு நன்கொடை எனலாம்.

இவ்வகையில், மிசோராம் மாநிலத்தில் அய்ஸ்வால், மணிப்பூரில் இம்பால், அசாமில் கம்ரூப் மற்றும் கர்பி, சிக்கிம் மாநிலத்தின் வடக்குப்பகுதி எனப் பல்வேறு மாவட்டங்கள் பயன்பெற்றன.

இந்தியாவில் நிலத்தடி நீர் தேடும் முயற்சிக்கும் விண்வெளித் துறை பங்களித்து வருகிறது. இங்குக் குடிநீருக்கான தேசியத் தொழில்நுட்ப அமைப்பின் (**National Technology Mission on Drinking water**) கீழ் 1 : 2,50,000 என்ற பரப்பளவு விகிதத்தில் ஆங்காங்கே 1,70,000 குழாய்க்

கிணறுகள் தோண்டப்பட்டன. தரையில் மின்தடை அளவியின் உதவியினால் நீர் தேடும் படலம் மரபு வழியாகும். அவ்வகையில் நிலத்தடி நீர் நாடித் துரப்பணம் செய்த இடங்களில் சராசரியாக நூற்றுக்கு 45 பகுதிகளில் மட்டுமே நீர் தட்டுப்படும். ஆனால் செயற்கைக்கோள் எடுத்து அனுப்பிய தொலையுணர்வுப் பிம்பங்கள் சுட்டிக்காட்டிய இடங்களில் துளையிட்டுத் தோண்டிய 92 இடங்களில் நீர் பீறிட்டது குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

விண்ணில் இருந்து மண்ணின் அடி ஆழத் தண்ணீர் இருப்பிடத்தை இனங்காட்டி விடும் ஆற்றல் தொலையுணர் செயற்கைக்கோளுக்கு மட்டுமே உண்டு.

பயிர்நோய்த் தடுப்பு

பூச்சிகளால் தாவரங்களில் ஏற்படும் சேதத்தினைக் கண்காணிப்பதிலும் தொலையுணர் செயற்கைக்கோள்கள் மிகுந்த பங்களிக்கின்றன.

எடுத்துக்காட்டாக 'சிஷ்டோசெர்க்கா கிரிகாரியா' (**Schistocerca gregaria**), 'ஸ்போடோப்தெரா எக்செம்டா' (**Spodoptera exempta**) ஆகிய பாலைவிட்டில்கள் மற்றும் இராணுவப் புழுக்களை முறையே வடக்கு மற்றும் கிழக்கு ஆப்பிரிக்கப் பகுதிகளிலிருந்து ஒழித்துக் கட்ட தொலையுணர் செயற்கைக்கோள்களே உதவின.

கேரளத்தின் திருவிதாங்கூர் பிரதேசத்தில் தென்னை மரங்களைத் தாக்கிய வேர் நோய் (**Wilt disease**) ஒழிப்புக்கு இந்திய வேளாண் நிறுவனமும், காயங்குளம் தென்னை ஆராய்ச்சி மையமும் இணைந்து செயல்பட்டன.

22

வேளாண்மைக்கு விண்வெளித் தொழில்நுட்பம்

இரண்டாம் பசுமைப் புரட்சி பற்றிப் பேசிக்கொண்டு இருக்கிறோம். இன்று விண்வெளியில் புதுமைப்புரட்சி நடந்துகொண்டு இருக்கிறது.

வேளாண்மைக்கு நிலம், நீர் காற்று, சூரிய ஒளி (வெப்பம்) ஆகியவை அடிப்படைத் தேவைகள் என்பதனை அறிவோம். அதாவது, மண் ஊட்டச் சத்துகள், நீர், கரியமில வாயு, சூரிய கதகதப்பு இருந்தால் போதும், விண்ணிலும் விவசாயம் பார்க்கலாம்.

ஒரு பக்கம் விவசாய நிலங்கள் அழிக்கப்பட்டு கான்கிரீட் வீடுகள் பெருகி வருவதாக வருத்தப்படுகிறோம். உள்ளபடியாக மக்கள் நெருக்கடியான நகரங்களில் அடுக்குமாடிக் குடியிருப்புகளே நவீன கிராமங்கள் ஆகிவருகின்றன. சில பட்டணங்களில் அத்தகைய அடுக்கு மாடிக்குடியிருப்பு, வளாகங்களில் சராசரியாக 300–500 குடும்பங்கள் வாழ்கின்றன என்றால் அது நகர்ப்புறக் கிராமம்தான்.

ஏதானாலும் எதிர்காலத்தின் விண்வெளிக் குடியிருப்புகளுக்கு ஒத்திகையாக இன்று 'பன்னாட்டு விண்சுற்று நிலைய'த்தில் **(International Space Station)** விவசாயம் தொடங்கி இருக்கிறது.

இத்துறையில் உருசியர்களின் பங்களிப்பு முதன்மையானது. ஏறத்தாழ 40 ஆண்டுகளுக்கு முன்னதாக 'சல்யுத்' விண்கூடத்தில் இட்ட விதை இன்று சர்வதேச விண்நிலையத்திலும் மகசூல் ஆகிறது. 1971 ஏப்ரல் 19 அன்று ஏவப்பெற்ற அந்த முதலாவது சல்யுத் விண்கூடத்தில் விண்வெளி மருத்துவம், விண்வெளியில் உயிரியியல் (விலங்கியல் மற்றும் தாவரவியல்) ஆராய்ச்சிகள் மும்முரம் அடைந்தன.

அத்தனைக்கும் அதில் சிறியதாக இலவசத் தொலைக்காட்சிப் பெட்டி அளவுக்கு 'பசுமைக் குடில்' பெட்டகம் ஒன்று நிறுவப் பெற்றது; ஓயாசிஸ்-1 **(Oasis)** என்னும் பெயருடையது. அக்குளிர்சாதனப் பெட்டிக்குள்ளேயே 'செயற்கைச் சூரிய' ஒளிபாய்ச்சும் பசிய விளக்குகள், செயற்கை நிலம், நீர்க் கமலை இப்படிச் சில வசதிகள் நிறுவப்பட்டன. உண்மையில் அங்கு முட்டைக்கோஸ், வெங்காயம் போன்ற காய்கறிகள் பயிரிடப்பட்டன.

உலகின் முதலாவது விண்வெளி வேளாண் விஞ்ஞானி கலினா நெஷ்சித்தாய்லோ என்னும் பெண்மணி என்று சொல்லலாம்; பல்கலைக் கழகப் பட்டப்படிப்பு முடித்த கையோடு 1960-ஆம் ஆண்டுகளில் விண்வெளி வேளாண் ஆய்வுக்கான சோதனைக் கூடத்தில் முதல் நாற்று நட்டவர்.

அவருக்கு உதவும் வகையில் சல்யுத் விண்கூடத்தில் 23 நாள்கள் பயணம் மேற்கொண்டவர்கள் தொப்ரொவோல்ஸ்கி மற்றும் வோல்கொவ் ஆகிய ரஷிய வீரர்கள். இவ்விருவரும் விண்வெளியில் முளைவிட்ட செடிகளை 1971 ஜூன் 23 அன்று சோயுஸ்-11 விண்கலனில் பூமிக்கு எடுத்துத் திரும்பினர். ஆனால் எதிர்பாராதவிதமாக, வழியில் விண்கலனுக்குள் காற்று அழுத்தம் குறைந்து, மூச்சுத் திணறி உயிர் இழந்தனர்.

எப்படியோ, 1973 ஏப்ரல் 3 அன்று செலுத்துப்பெற்ற சல்யுத்-2 விண்கூடத்தினுள் ஓயாசிஸ்-2 பசுமைக் குடில் பெட்டகம் இடம்பெற்றது. அதில் ஹைடிரஜனை ஏற்கும் பாக்டீரியாவும் இன்னொன்றில் யூரியா சத்தினை சிதைக்கும் பாக்டீரியாவும் அடங்கிய இரண்டு உருள்கலன்கள் இருந்தன. விண்வெளியில் புரதப் பயிர் மகசூல் 30 மடங்காக அதிகரித்ததாம்.

'சல்யுத்-4' விண்கலனில் 1974 டிசம்பரில் மீண்டும் ஆராய்ச்சி தொடர்ந்தது. இடைப்பட்ட 'சல்யுத்-3' விண்கலனில் நடைபெற்ற அல்மாஸ் இராணுவ ஆராய்ச்சி ரகசியம் நமக்குத் தேவையன்று. 'சல்யுத்-4' விண்கூடத்தில் 'ஓயாசிஸ்-1-எம்' விவசாயப் பெட்டி இடம்பெற்றது. ரஷிய 'வேளாண் உபகரண வடிவமைப்பு நிறுவன'த் தயாரிப்பு இது. பருவப் பயிர் வளர்ச்சிக்கு உகந்த கதகதப்பு, தட்பவெப்பம் மட்டுமன்றி தழைச்சத்து, மணிச்சத்து, காரச் சத்து யாவும் கொண்ட வளமான மண் எல்லாமும் அந்த விண்வெளி விவசாயப் பெட்டகத்தில் இடம்பெற்றன.

இந்தப் பூமியில் புவியீர்ப்பு விசையினால் தாவர வேர்களும் மண்ணுக்கு அடியில் தலைகீழாக வளர்கிறது. தண்டும் செடியும் மண்ணுக்கு மேலாக நிமிர்ந்து உயர்கிறது. ஆனால் 'சல்யுத்-4' பரிசோதனையின்போது 28 பயிர்களில் நாலே நாலு விதைகள் மட்டும் மண்ணுக்கு மேலே

எட்டிப்பார்த்தனவாம். ஏனையவற்றில் வேரும் தண்டும் மண்ணுக்குள்ளேயே வளர்ந்தன. இது விண் வெளியின் ஒரு தலைகீழ் வேளாண் விநோதமாகும். 'சோயுஸ்-17' விண்கலனில் பறந்து சென்ற விண்வெளி வீரர்கள் குபரெவ், கிரெஷ்கோ ஆகியோர் நடத்திய ஆய்வுகள் தெரிவிக்கும் உண்மை இது.

அங்குச் சென்ற 'சோயுஸ்-18' வீரர்களான கிளிமுக், செவஸ்தியானொவ் இருவரும் 34 நாட்களில் 4 வெங்காயமும் 20 பட்டாணியும் பயிர் செய்தனர். 16 பட்டாணி விதைகளில் 13 முளைவிட்டன. வெங்காயம் நாலுமே குருத்து விட்டன. அவை பத்தே நாள்களில் அரை அடி உயரம் வரை வளர்ந்தனவாம். வெங்காய விளைச்சலுக்கு பூமியைக் காட்டிலும் விண்வெளியே ஏற்ற இடம் என அறியப்பெற்றது.

ஆனால் பட்டாணியைப் பொறுத்தமட்டில் அது இரண்டு வாரங்கள் கழித்துத் தாமதமாக முளைவிட்டு மெல்லக் கருகிப் பொக்கு ஆகிவிட்டது. அங்குப் பூச்சி வராது. மருந்து தெளிக்க வேண்டிய அவசியமும் இல்லை. பயிர்ச் சேதத்திற்கான காரணம் ஆராயப்பட்டு வருகிறது.

தொடர்ந்து, 1976 ஜூன் 22 அன்று செலுத்தப்பெற்ற சல்யுத்-5 விண் கூடத்தில் 'ஃபிட்டான்' **(Fiton)**, 'பயோகிராவிஸ்டாட்' **(Biogravistat)**, 'வாசன்' (Vazon, ரஷிய மொழியில் மலர் ஜாடி என்று பொருள்) ஆகிய பசுமைக் குடில்கள் இடம்பெற்றன.

1977 செப்டம்பர் 29 அன்று 'சல்யுத்-6' விண்கூடத்தில் ரொமனென்கோ, கிரெஷ்கோ ஆகியோர் விண் வயல் உழவர்களாகவே மாறிவிட்டனர். உண்மையில் அங்குக் கோதுமை, பட்டாணி, பூசணிக்காய், வெள்ளைப்பூண்டு, முள்ளங்கி, தக்காளி, கடுகு, பஞ்சு என்று என்னவெல்லாமோ விளைவிக்க முயன்றது ரஷியா. அங்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்ட நான்கு 'ஐ.எஃப்.எஸ்-2' என்னும் பசுமைக்குடில்களில் 'அல்கே' எனும் பாசி வேறு வளர்க்கப்பட்டது. அங்கு அது பூமியில் வளர்வதைக் காட்டிலும் 5 மடங்கு அதிவேக வளர்ச்சி கண்டது.

ஆனால் உலகில் முதல்முறையாக 'சல்யுத்-6' விண்கூடத்தில் ரையுமின், லையக்கொவ் ஆகியோர் வளர்த்த 'அராபிடோப்சிஸ்' **(arabidopsis)** மூலிகை மொட்டுவிட்டது. அதன் அல்லிவட்டத்தில் பூந்தாதுக்கள் இல்லை. இதற்கு எல்லாம் காரணம் விண்வெளியின் செயற்கைத் தோட்டத்தில் ஒளியூட்டப் போதிய மின்வசதி பற்றாக்குறையேயாம்.

ஆனால் 1982 ஏப்ரல் 19 அன்று செலுத்தப்பெற்ற 'சல்யுத்-7' விண் கூடத்தில் ஒயாசிஸ், ஃபிட்டான், பயோகிராவிஸ்டாட், வாசன் ஆகிய எல்லா பசுமைக் குடில்களிலும் மின்தட்டுப்பாடு அறவே எழவில்லை.

அங்கு விளைந்த 'அராபிடோப்சிஸ்' விதைகளை முதன்முறையாகப் பூமிக்குக் கொண்டு வரத் திட்டமிட்டனர் 'சோயுஸ்-டி8' விண்கல வீரர்கள். அங்கு விளாடிமிர் டிட்டொவ், கென்னடி ஸ்ட்ரெக்கலொவ், அலெக்சாண்டர் செரிப ரொவ் ஆகியோரின் முயற்சி வெற்றி பெறவில்லை. அதனால் விண்வெளிப் பயிர்கள் பின்னாளில் சல்யுத் கூண்டோடு காற்றுமண்டலத்தில் நுழைந்து கருகின.

ரஷியாவின் இத்தகைய விண்வெளி வேளாண் சாதனைகளைக் கவனித்து வந்த அமெரிக்கா, 1973-ஆம் ஆண்டு 'ஸ்கைலாப்' என்னும் விண் கூடத்தில் வேளாண் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டது. விண்வெளியில் அரிசி மகசூல் திட்டம் அது. மேலும் அங்குப் பட்டாணி, வெங்காயம் ஆகிய பயிர்கள் வளர்க்கும் முயற்சியும் நடைபெற்றது.

1996-ஆம் ஆண்டு அமெரிக்காவின் விண்வெளி ஓடமும், ரஷியாவின் 'மிர்' விண்சுற்றுக் கூடமும் இணைந்து நடத்திய பரிசோதனைகள் முக்கியம் ஆனவை. பல்கேரிய,ரஷியக் கூட்டு முயற்சியில் உருவான 'ஸ்வெட்' பசுமைக்குடிலில், லுசிட் ஷானான் என்னும் அமெரிக்க முதல் பெண் வேளாண் விஞ்ஞானி தாவரவியல் ஆய்வுகள் நடத்தினார். மிகைக் குறுங்கோதுமையின் 32 விதைகளை விதைத்தார்.

அவரைத் தொடர்ந்து மிர் கூடத்திற்குப் பறந்து சென்ற பிளாஹா என்னும் அமெரிக்க வீரர் விண்வெளியில் முளைத்த 260 கோதுமை மணிகளைப் பை நிறைய அள்ளிக் கொண்டு பூமி திரும்பினார். ஆனால் அதனை இங்கு வந்து அவிழ்த்தபோது அனைத்துமே பொக்கை விதைகள் ஆகி இருப்பது தெரிய வந்தது.

இத்தகைய ஆரம்ப வேளாண் குளறுபடிகளைக் களைந்து 2002-ஆம் ஆண்டுவாக்கில் 'பன்னாட்டு விண்சுற்று நிலைய'த்தில் அமெரிக்கர் மேற்கொண்ட பரிசோதனைகள் 'மாறுபட்டனவாகும் மேம்பட்ட விண்வெளி விளைச்சல்' **(Advanced Astroculture)** திட்டத்தில் ஒளியும், ஈரப்பதமும் கட்டுப்படுத்தப்பட்டன; சோயா பீன்ஸ், கோதுமை பயிர்கள் சாகுபடி ஆயின. ரஷியாவும், ஐரோப்பாவும் கூட இத்தகைய விண்வெளி வேளாண் பரிசோதனைகளில் ஈடுபட்டு வருகின்றன.

உலக மக்கள் தொகையின் பிறப்பு வீதம் ஆண்டுதோறும் சராசரியாக 2 சதவீத அளவில் அதிகரித்து வருகின்றது. அடுத்த நூற்றாண்டுத் தேவைக்காக இன்றைவிடவும் இரண்டு மடங்கு வேளாண் உற்பத்தியைப் பெருக்க வேண்டியுள்ளது. உணவுக்கும், உடைக்கும், இருப்பிடத்திற்குமாக நாம் தொடர்ந்து இயற்கையைப் பாழ்படுத்தி வசதிகளைப் பெருக்க முற்படுகிறோம்.

காடு ஒன்றே வற்றாத செல்வமாக நம் கவனத்தில் நிற்கிறது. ஆனால் காடுகள் அழிக்கப்பட்டு வருகின்றன. வளரும் நாடுகளில் சராசரியாக ஒரு மனிதனுக்கு ஆண்டொன்றுக்கு 20 கிலோ காடு சார்ந்த உற்பத்திப் பொருட்கள் தேவைப்படுகின்றன. அதிலும் இன்று உள்ளதைக் காட்டிலும் எட்டுமடங்கு அதிகமாக வன விளைபொருட்களைப் பயன்படுத்தும் நாகரிகநிலை உலகெங்கும் நிகழ்ந்தேறி வருகிறது.

விவசாய நிலங்களும் தரிசுகளாகி பொலிவு இழந்து வருகின்றன. 1950 முதல் 1981-ஆம் ஆண்டு வரை கணக்கெடுத்தால் 58.7 கோடியிலிருந்து 73.2 கோடி ஹெக்டேர் பூமி விவசாய நிலங்களாகத் திகழ்ந்தது. மீண்டும் 1993-ஆம் ஆண்டுவாக்கில் அது 69.6 கோடி ஹெக்டேர் அளவாகக் குறைந்து விட்டது.

1950-ஆம் ஆண்டு மக்கள் தொகைக் கணக்கீட்டுப்படி நபர் ஒருவருக்கு 0.23 ஹெக்டேர் விவசாய நிலப்பரப்பு தரும் விளைச்சல் போதுமானது. மக்கள் தொகை இரட்டிப்பாகி விட்டபோது ஒரு ஆளுக்கு 0.12 ஹெக்டேர் அளவே நிலைத்தது. எதிர்வரும் கி.பி. 2030-ஆம் ஆண்டு அது மேலும் குறைந்து 0.08 அளவாகி விடும் அபாயம் உள்ளதாக லெஸ்டர் பிரௌன் எனும் ஆய்வறிஞர் கணித்து உரைக்கிறார்.

மக்கள்தொகைப் பெருக்கத்தின் பாதிப்பு அதிகம் இராத வண்ணம், 1950 முதல் 1990-ஆம் ஆண்டு வரையிலான கால அளவில் நீர்ப்பாசன வசதி இரண்டரை மடங்காக உயர்ந்தும் இருக்கிறது. மழை குறைந்த இடங்களுக்கும் நிலத்தடி நீர் கைகொடுத்தது. இருப்பினும் பாசனப் பற்றாக்குறையால் அவதிப்படும் உலக நாடுகளின் வரிசையில் சீனாவுக்கு அடுத்த இடம் இந்தியாவுக்காகும்; மூன்றாவது இடம் மக்கள் தொகை நெருக்கம் குறைந்த அமெரிக்காவுக்காகும்.

வயல், வனம், குளம் ஆகிய மூன்று நிலைகளும் குன்றுவதால் பூமி யிலிருந்து இவற்றைக் கட்டுப்படுத்த இயலாது; கண்காணித்தலும் எளிதன்று. ஆதலின் வானிலிருந்தும், விண்ணிலிருந்தும் வேளாண்மையைக் கண் காணிக்கும் உத்திகள் உருவாயின.

விமானத்தில் பறந்தவாறே காற்றுவெளியிலிருந்து ரேடார்கள், நிழற் படக்கருவிகளின் உதவியுடன் வேளாண்துறைத் தகவல்களைச் சேகரிக்கும் பணி உலகெங்கும் நடைபெற்று வருகின்றது.

நெதர்லாந்து நாட்டு அம்ஸ்டர்டாம் நகரில் தேசிய காற்று விண்ணாய்வுக் கூடத்தின் கீழ் **(National Aerospace Laboratory)** 'ரோவ்' எனப்படும் 'ரேடாரினால் வேளாண் கண்காணிப்பு' **(Radar Observation Vegitation)** ஆய்வுக்குழு இயங்கி வருகிறது. எக்ஸ் அலைவரிசையில் (8-12 கிகாஹெர்ட்ஸ்) செயல்படும் இந்த ரேடார் உதவியினால் தம் நாட்டில் 1983-1984-ஆம் ஆண்டுகளில் உருளைப் பயிர் மகசூலினைக் கண்காணித்து விவசாயிகளுக்கு உதவிற்று. வானில் மிதந்தவாறே பக்கவாட்டில் நோக்கும் ரேடார் இது. 500 மீட்டர்கள் உயரத்தில் விமானத்தில் எடுத்துச் செல்லப்பட்ட இந்த ரேடார் அமைப்பு 5 முதல் 14 பாகை விரி கோணத்தில் கோதுமை மற்றும் உருளைக்கிழங்கு வகைகளைக் கண்டு இனம் பிரித்துப் பதிவு செய்தது.

இதன்வழி உருளைக்கிழங்கு மட்டுமன்றி, சீனிக்கிழங்கு, கோதுமை, பட்டாணி, வெங்காயம், பார்லி, பீன்ஸ் போன்ற பலவகைப் பயிரினங்கள் வானில் பறந்தபடியே அடையாளம் காணப்பட்டு மகசூல் கணிப்பு நடைபெற்றது.

வேளாண்மை சிறக்கவும் வேளாண் நிலத்தைத் தேர்ந்து எடுக்கவும் வானூர்தி ரேடார் அமைப்புகளின் பங்களிப்பு குறிப்பிடத்தக்கதாகும். 'எல்—அலைவரிசை'யில் (1-2 கிகாஹெர்ட்ஸ்) இயங்கும் 'சிர்' **(SIR)** எனப்படும் 'விண்வெளி ஓட பிம்பப் பதிவி ரேடார்' **(Shuttle Imaging Radar)** உதவியுடன், 1984-ஆம் ஆண்டு வாக்கில் அமெரிக்கா நடத்திய பரிசோதனைகளில், சாகுபடிக்கு ஏற்ற நிலங்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டன.

23

பயன்பாட்டுச் செயற்கைக்கோள்கள்

1. போதை மருந்துக்கு எதிராகச் செயற்கைக்கோள்கள்

கடத்தல்காரர்களை விரட்டிப் பிடிக்க இன்று நில வாகனங்களைத்தான் நம்பியிருக்கிறோம். அதுவும் ஒரு புறநகர்ப் பகுதியில் கள்ளத்தனமாக போலி மருந்துகள், போதைப் பொருட்கள் கடத்திச் செல்லும் வாகனங்கள் பற்றிய தகவலைப் பெறவும் கம்பியில்லா வானொலித் தொடர்புச் சாதனங்களை விட்டால் வேறு வழியில்லை.

ஆயின் இன்றைக்கு விண்ணில் சுற்றித் திரியும் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்களின் மூலம் மருந்துகள் கடத்தலைக் கட்டுப்படுத்தும் திட்டமும் மேனாடுகளில் செயல்படத் தொடங்கி விட்டது.

அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளுக்குள் திருட்டுத்தனமாக பல்வேறு போலி மருந்து வகைகள் நுழைந்து மக்களைக் கெடுத்துவருவதாகப் பலவித புகார்கள் எழுந்தன. இச்சட்டவிரோதச் செயல்களுக்கு எதிராக நடவடிக்கை எடுக்க முற்பட்டது அமெரிக்க அரசு.

அமெரிக்காவின் 'தேசிய போதை மருந்துக் கட்டுப்பாட்டுக் கொள்கை' **(National Drug Control Policy)** அமைப்பு அரசு உதவியுடன் தகவல் தொடர்பு வலையமைப்பு ஒன்றை 'அட்நெட்' **(ADNET)** என்னும் பெயரில் உருவாக்கிற்று. "போதைப் பொருட்கு எதிரான வலையமைப்பு" எனப் பொருள்படும், 'ஆன்டி-டிரக் நெட்வொர்க்' **(Anti-Drug Network)** என்பதன் சுருக்கமாகும் இது.

அதன் தலைமைக் கட்டுப்பாட்டு அலுவலகத்தின் பெயர் 'டிரக் சார்' **(Drug Czar)** என்பதாகும்.

இத்திட்டத்தில் கப்பல், விமானம், நில ஊர்திகள் தமக்குள் ஒன்றோடு ஒன்று தொலைத்தகவல் தொடர்பினை நிறுவிக் கொள்வதுடன், பல்வேறு நிறுவன அமைப்புகளுடனும் தகவல் பரிமாற்றம் புரிய வாய்ப்பு அமைந்துள்ளதாகும்.

இந்த 'அட்நெட்' செயற்கைக்கோள் அமைப்பு உதவியினால் மெக்சிகோ விலிருந்து அமெரிக்காவினுள் கொக்கெயின் **(Coccaine)** போன்ற போதைப் பொருட்கள் கடத்தி வந்த 25 விமானங்கள், 30 நில வாகனங்கள் மற்றும் 25 சரக்கு வண்டிகள் கைப்பற்றப்பட்டதாக அறிவிப்பு ஒன்று தெரிவிக்கின்றது.

பிடிபட்ட போதை மருந்துகள் 33000 கிலோகிராம்கள் எனவும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இவற்றின் மொத்த மதிப்பு 100 கோடி டாலர்கள் தேறும் எனவும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இது அட்நெட் திட்ட மதிப்பீட்டினை விடவும் அதிகமாகும்.

2. அகழ்வாராய்ச்சியில் செயற்கைக்கோள்கள்

தொல்பொருள் ஆய்வுகள் மூலமாகவே நம் மூதாதையர்தம் பண்பாடுகள், வாழ்க்கை முறைகள் குறித்துப் பதிவு செய்து வைத்துள்ளோம். மண்ணுக்குள் ஆழ மறைந்து கிடக்கும் தாவரங்கள் **(Flora)**, விலங்கினச் சுடலங்கள் **(Fauna)**, பண்டைய நாணயங்கள், பாத்திரம் பண்டங்கள், தாழிகள், ஆயுதங்கள், கட்டட அமைப்புகள், கற் சிலைகள், கல்வெட்டுச் சாசனங்கள் ஆகிய பழங்காலப் புதை படிவங்களையும் நாகரிக எச்சங்களையும் தோண்டி எடுக்கும் அகழ்வாராய்ச்சியில் **(Excavation)** செயற்கைக்கோள்களின் பங்கு கணிசமானதாகும்.

பூமியில் ஆங்காங்கே புதை பொருள்களைத் தேடும் முயற்சிக்குக் கடின உழைப்பும் நுட்பமான கவனமும் அவசியம். ஆயின் உலகளாவிய முறையில் புவி தன் முழுப்படிமமும் நம் அறிவியற்கண் முன் விரியும் பொழுது, இத்தகைய அகழ்வாய்வு எளிதாகின்றது.

சாதாரணக் காமிராக்களினால், சுமார் 750 முதல் 1000 மீட்டர் உயரத்திலிருந்து ஒரு முழம் இடைவெளியினைக் கூடத் தெளிவாகப் படம் பிடித்துக் காட்டமுடியும். 1982 வாக்கில் இத்தொழில்நுட்பத்தினை விளக்கி அகழ்வாராய்ச்சிக்கு காற்று வெளிநிழற்படங்கள் மூலம் புதிய கண்டுபிடிப்புகளுக்கு வழி கோலினார் டி.ஆர். வில்சன் **(D.R. Wilson)** எனும் அறிவியலார்.

எகிப்து நில வரலாறு

கி.பி. 1968-ஆம் ஆண்டில் ஜீன்பொக்கே **(Jean Pouquet)** என்னும் நிலவியலார் நைல் நதி தீரத்தின் செயற்கைக்கோள் படங்களை நுணுகி ஆராய்ந்து, வரலாற்றுக்கு முற்பட்ட மண்வகைகள், காலாந்தரமாக அவற்றில் நேர்ந்த இயல்பு மாற்றங்கள், பண்டைய சூழ்நிலை ஆகியவை குறித்தும், தொன்மையான சமவெளி நாகரிகங்கள் குறித்தும் கருத்துரைத்தார்.

கி.மு. 1400-ஆம் ஆண்டில் வாழ்ந்த இரண்டாம் ராமிசெஸ் ஃபரோ **(Pharaoh Rameses II)** எனும் மன்னர் தம் இளவரசரின் கல்லறையை எகிப்து நாட்டில் கண்டெடுக்கப்படுவதற்கும் செயற்கைக்கோள் அகழ்வாராய்ச்சியே உதவிற்று.

அமெரிக்காவின் லாண்ட்சாட் **(Landsat)** செயற்கைக் கோளினால், கிசா **(Giza)** நகரப் பிரமிடுகள், பிரிட்டனின் ஹாட்ரியன் சுவர் **(Hadrian Wall)**, சீனப் பெருஞ்சுவர் போன்ற வரலாற்றுப் புகழ் வாய்ந்த கட்டடங்களும் கண்டு துலக்கப்பட்டன.

மெசபடோமியாவில் டைகிரிஸ், யூஃப்ரடீஸ் நதிகளுக்கு இடைப்பட்ட களிமண் பூமியில் கி.மு. 2000 ஆண்டுகளில் சிற்றோடைகளும் கால்வாய் களும் சலசலத்த தடயங்கள் தெரிகின்றன. 'லாண்ட்சாட்' செயற்கைக் கோள்கள் துலக்கிய இச்செய்தி இன்று நில அளவையியல் ஆராய்ச்சிகளாலும் உறுதி படுத்தப்பட்டுள்ளது.

"தடம் மாறிய தமிழக நதிகள்" (தினமணி சுடர், 27.8.91) பற்றி அறியவும் தொலையுணர் செயற்கைக்கோள்கள் பெரிதும் உதவுகின்றன.

புவியில் டைனோசார்கள் எனும் ராட்சதப் பல்லியினம் அடியோடு மறைந்ததற்குப் பிற்பட்ட காலகட்டத்தில் அதாவது சுமார் ஆறரை கோடி ஆண்டுகளுக்கு முந்தைய காலந்தொட்டு, இன்றுவரை செனோசாயிக் யுகம் **(Cenozoic Era)** என வகுத்துள்ளோம். இதனைச் சமீப வாழ்வு யுகம் எனலாம்.

இந்த யுகம், புவி வரலாற்று அடிப்படையில் பாலியோசின் **(Paleocene)**, இயோசின் **(Eocene)**, ஒலிகோசின் **(Oligocene)**, மியோசின் **(Miocene)**, பிளியோசின் **(Pliocene)**, பிளைஸ்டோசின் **(Pleistocene)** என்றவாறு பல ஊழிகளாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளது.

சமீபத்தில் எகிப்தில் தீபிஸ் **(Thebes)** நகர் அருகே ஃபாரோ மன்னர் களின் கல்லறைகளுக்கு அடியில் உள்ள சுண்ணாம்புக் கற்படிவங்கள்

தோண்டி ஆராயப்பட்டன. அங்கு இயோசின் ஊழி மத்தியில் கட்டப்பட்ட சில மகத்தான பிரமிடுகளின் அடித்தளங்களும், அமைப்புகளும் கூடக் கண்டறியப்பட்டன. இக் கட்டடச் சிதைவுகளை அகழ்ந்து ஆராய்ந்த இ.எம். இ.ஐ. ஷேஸ்லி (**E.M.E.I. Shezly**) என்னும் நிலவியலார், 1983-ஆம் ஆண்டு அமெரிக்காவில் நடைபெற்ற "பன்னாட்டு புவி அறிவியலும் தொலை யுணர்வும்" பற்றிய கருத்தரங்கு (**International Geoscience and Remote Sensing Symposium**) ஒன்றில் ஆய்வுக் கட்டுரை படித்தார். எகிப்திய அகழ்வாராய்ச்சி தொடர்பான விண்வெளிப் படப்பிடிப்பு முறையும், பொருள் விளக்கமும் பற்றிய ஆய்வுரையாகும் அது.

சகாரா நாகரிகம்

இவை தவிர 1981, 1984-ஆம் ஆண்டுகளில் முறையே விண்ணில் செலுத்தப் பெற்ற 'விண்வெளி பிம்பப்பதிவி' ரேடார் (**Shuttle Imaging Radar**) அமைப்புகள் இரண்டும் (**SIR-A, SIR-B**) நாம் முன்னரே குறிப்பிட்ட செயற்கைச் சாளர ரேடார் உத்தியினால் சகாராப் பாலைவனம் முழுவதையும் படம் பிடித்தன.

'லாண்ட்சாட்'டின் வினையறு படிப்பிடிப்பு முறையில் தொன்மையான சகாரா நதித் தடங்களும், களிமண் படுகைகளும் அவ்வளவு எளிதில் அகப்படமாட்டா. விண்வெளிப் பிம்பப் பதிவு ரேடார் உணரிகள் உதவியினால் 1,00,000-க்கும் 2,00,000-க்கும் இடைப்பட்ட ஆண்டுகளுக்கு முன்பு சகாரா பிரதேசத்தில் மனிதர்கள் வேட்டையாடியும் வேளாண்மை புரிந்தும் வாழ்ந்து வந்த நாகரிகத்தினையும் இன்று நாம் அறிகிறோம். அங்கு அகழ்ந்தெடுக்கப் பட்டுள்ள கோடரிகள், மண்வெட்டிகள், தளவாடப் பொருள்கள், கைவினைப் பொருள்கள், அனல் சூளைகள், அரைவைக் கற்கள் போன்ற எண்ணற்ற புதை பொருள்கள் யாவும் செயற்கைத் துளை ரேடாரின் கண்டுபிடிப்புகளை உறுதிப்படுத்துகின்றன.

இம்முயற்சியில் ஜே.எஃப். மக்காலே (**J.F.Mc Cauleu**), ஜி.ஜி. ஷீபர் (**G.G. Sheber**), டபிள்யூ.பி.மக் ஹியூ (**W.P.McHugh**), பி. இசாவை (**B. Issawai**), சி.வி. ஹேனஸ் (**C.V. Haynes**), எம்.ஜே. குரோலியர் (**M.J. Grolier**), ஏ.இ. கில்லேனி (**A.E. Killeni**) ஆகிய புவியியல் ஆய்வர்கள் பங்கு கொண்டனர்.

இன்றுவரை தொல்பொருள் ஆராய்ச்சியாளர் எவரும் விண்வெளிக்கு நேரடியாகச் சென்று செயற்கைக்கோளில் பறந்தவாறே புவியியல் ஆய்வுகள்

நடத்தவில்லை; என்றாலும் நில அமைப்பியல் ஆய்வர் **(Geodesist)** என்னும் முறையில் 1981 மார்ச் 12 அன்று 'சோயுஸ்-டி-4' எனும் விண்ணூர்தி மூலம் முதன்முதலில் விண்வெளி சென்று மீண்ட விக்டர் சாவினிக் **(Viktor Savinykh)** பற்றி குறிப்பிட்டாக வேண்டும். இவர் ரஷியாவின் 'சல்யூத்-6' விண்கலத்தில் சுமார் 75 நாள்கள் தங்கியிருந்து ஆய்வுகள் புரிந்தார். அவ்வாறே சந்திரனில் சென்று இறங்கிய ஒரே ஒரு அறிவியலார் எனும் சிறப்புக்குரியவர் 'அப்போலோ 17'-இல் பயணம் மேற்கொண்ட ஹாரிசன் ஸ்மித் **(Harrison Schmitt)** என்கிற புவி ஆய்வியலார் **(Geologist)** என்பதும் முக்கியத் தகவல் ஆகும்.

விண்வெளி ஆராய்ச்சியின் பன்முகப் பயன்பாடுகளுள் இத்தகைய அகழ்வாய்வுப் பரிசோதனைகள் சிறிது மாறுபட்டவை.

3. நிலநடுக்கங்களை அறிவிக்கும் செயற்கைக்கோள்கள்

1976 மே 4 அன்று விண்ணிற் செலுத்தப் பெற்ற 'லாஜியோஸ்' **(Lageos)** எனப்படும் 'லேசர் புவி இயங்கியல் செயற்கைக்கோள்' **(Laser Geodynamics Satellite)** 5800 கிலோமீட்டர்கள் உயரத் துருவப் பாதை வழியே புவி சுற்றி வந்தது.

60 சென்டி மீட்டர் விட்டமுடைய கோளக வடிவமான இச்செயற்கைக் கோளின் புறப்பரப்பில் 426 சின்னச்சின்ன முப்பட்டைப் பிரதிபலிப்பான்கள் **(Prisom reflectors)** அமைந்திருந்தன.

இவை பூமியின் பல்வேறு பாகங்களிலும் இயங்கிவரும் விண்வெளி, வானவியல் பரிசோதனைக் கூடங்கள் செலுத்தும் லேசர் கதிர்வீச்சினை ஏற்றுப் பிரதிபலிப்பன. இங்கு ஒளிவேகத்தினையும் கணக்கில் எடுத்து, லேசர் கதிர்வீச்சு விண்சென்று மீளும் கால அளவையும் கண்டறிவதால் பூமியில் லேசர் அமைப்பு எவ்வளவு தூரம் இடம் பெயர்ந்துள்ளது என்பதனை மிக நுட்பமாக அளவிட முடியும்.

இவ் இடப்பெயர்ச்சியினைத் தொடர்ச்சியாக ஆறேழு ஆண்டுகாலம் கண்காணித்ததன் மூலம் பூமிப் புறணியிலுள்ள மிதவைத் துண்டங்களின் நகர்ச்சி திசையும், விரைவும் பதிவாக்கப்பட்டன.

ரஷியாவின் சந்திர விண்கலத் திட்டங்களிலும் இத்தகைய லேசர் பிரதிபலிப்பான்கள் இடம்பெற்றிருந்தன.

அப்போலோ 11, 14, 15 விண்வெளி வீரர்கள் புவி சுற்றிவரும் நிரந்தர இயற்கைத் துணைக்கோளான சந்திரனில் நிறுவிய மூலைக் கூம்புப் பிரதிபலிப்பான்கள் **(Corner cube reflectors)** இந்த லேசர் வழி நிலநடுக்க ஆராய்ச்சியில் பெரிதும் உதவி வருகின்றன.

24

இராணுவச் செயற்கைக்கோள்கள்

பொதுவாக புவிக்கு அப்பால் விண்வெளியில் நிலைநிறுத்தப்பட்ட செயற்கைக்கோள்கள் வழி போர் முகாம்களுடன் தகவல் தொடர்பு கொள்ள உதவும் செயற்கைக்கோள்களே 'இராணுவத் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள்கள்' **(Military Communication Satellites)** எனப்படுவன.

1976-ஆம் ஆண்டு அமெரிக்காவில் 'மில்சாட்காம்' **(MILSATCOM, Military Satellite Communication)** திட்டம் உருக்கொண்டது. அதில் பாதுகாப்புச் செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு அமைப்பு **(Defence Satellite Communication System)**, உலகளாவிய வானொலிச் சேவை **(Global Broadcast Service)** போன்ற அமைப்புகள் தோன்றின. ரஷியாவும் 'பாருஸ்' **(Parus)**, போதெக் **(Potok)**, ராதுகா **(Raduga)**, ஸ்ட்ரெலா **(Strela)** போன்ற இராணுவத் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்களைத் தயாரித்தது.

ஒவ்வொரு நாட்டிற்கும் எல்லைக் கோடுகள் பூமியில் மட்டும்தான்; விண்வெளியில் வேலியிடுவது இயலாததாகும். பொதுவாக நிலைவட்டப்பாதைச் செயற்கைக்கோள்களாலும், துருவப்பாதைச் செயற்கைக்கோள்களாலும் பிறநாட்டு உள்கட்டமைப்புகளை உற்றுக் கவனிக்க முடியும். இத்தகைய உளவு நடவடிக்கைக்கென உதவுபவையே வேவுச் செயற்கைக்கோள்கள் **(Reconnaissance Satellites)** அல்லது உளவுச் செயற்கைக்கோள்கள் **(Spy Satellites)** ஆகும்.

இவை பிம்ப உளவுத் தகவல் **(IMage INTelligence)** செயற்கைக் கோள்கள் **(IMINT Satellites)**, மின்சமிஞ்ஞை உளவுத் தகவல் **(Signal Intelligence)** செயற்கைக்கோள்கள் **(SIGNAL Satellites)**, ஆரம்பநிலை எச்சரிக்கைச் செயற்கைக்கோள்கள் **(Early Warning Satellites)** மற்றும் அணுகுண்டுச் சோதனை கண்டு துலக்கும் செயற்கைக்கோள்கள் **(Nuclear Explosion Detection Satellites)** என நால்வகைப்படும்.

அடுத்தபடி போருக்கு உகந்த பருவ, வானிலைச் சூழலை முன்னறிந்து கொள்வதற்கு 'இராணுவ வானிலை முன்னறிவிப்புச் செயற்கைக்கோள்கள்' **(Military Weather Forecasting Satellite)** பயன்படும்.

அத்துடன் பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்களே இராணுவ வீரர் களையும், பீரங்கிகளையும், போர் விமானங்களையும், யுத்தக் கப்பல்களை யும் வழிநடத்த உதவும். இவற்றையே 'இராணுவப் பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்கள்' **(Military Navigation Satellites)** என்கிறோம்.

போர்க்களத்தில் வேவுச் செயற்கைக்கோள்கள்

உளவுத் திறன் நுட்பத்தில் ஓங்கிய தொலையுணர் செயற்கைக் கோள்களால் அந்நிய நிலப்பகுதிகளில் நடைபெறுகின்ற உள்நாட்டு இராணுவ நடவடிக்கைகளை எளிதில் கண்காணிக்க இயலும். இவற்றை 'வேவுச் செயற்கைக்கோள்கள்' **(Reconnaissance Satellites)** என்கிறோம்.

1961-இல் ஜனவரி 31, செலுத்தப்பட்ட அமெரிக்க 'சாமோஸ்' **(Samos)** என்னும் செயற்கைக்கோளையே உலகின் முதலாவது வேவு செயற்கைக் கோள் எனலாம். வல்லரசுகளுக்குத் தெரியாமல் உலகின் எந்த மூலையிலும் அணுகுண்டு சோதனைகள் நடைபெற முடியாது. சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் சீனா நடத்திய அணு ஆயுதப் பரிசோதனை **(Nuclear tests)** குறித்து அமெரிக்கா முன்னறிவித்த திடீர்ச் செய்தி உலகுக்கே ஆச்சரியமாக இருந்திருக்கும். வேலா **(Vela)** எனப்படுவது அமெரிக்காவின் இத்தகைய விண்காவல் **(Sentry)** செயற்கைக் கோள் ஆகும்.

அவ்வாறே 1960 மே 24-இல், ஏவப்பட்ட மிடாஸ்-11 **(Midas-II)** என்னும் அமெரிக்கச் செயற்கைக் கோள் ஏறத்தாழ 500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் பறந்த படியே பூமியில் கண்டம் விட்டுக் கண்டம் தாவும் 'கண்டங்களிடை வீச்சுக் கணை'களின் **(Inter-Continental Ballistic Missile)** அதிவெப்ப வெளியீட்டைத் தனது அகச் சிவப்புத் துலக்கிகளால் **(Infra-red detectors)** கண்டுணர்த்திற்று.

ரஷியாவின் 'காஸ்மாஸ்'

இவ்வகையில் சோவியத் ரஷியாவின் 'காஸ்மாஸ்' **(Cosmos)** வரிசை விண்ணூர்திகள் பூடகமானவை என்றே மேலை நாட்டினர் வருணிக்கின்றனர்.

1960ஆம் ஆண்டுகளில் ரஷியா செலுத்தப்பட்ட 'காஸ்மாஸ்-4' விண்கலம், 'ஸ்டார்ஃபிஷ் திட்ட'த்தின் கீழ் **(Starfish Programme)** அமெரிக்கா விண்வெளியில் நடத்திய அணுவெடிப்புப் பரிசோதனைகளை உளவு அறிந்து உலகிற்கு அறிவித்தது.

மேலும் 1965-ஆம் ஆண்டில் ரஷிய நாட்டு 'காஸ்மாஸ்-57' எனும் விண்கலம் வெடித்துச் சிதறுண்டு நூற்றுக்கணக்கான துகள்கள் விண்ணில் பரவின. தற்செயலான அந்நிகழ்வைக் கூட அமெரிக்கச் செயற்கைக் கோளின் புவித்தொடர்பினைக் கலைத்துத் துண்டிப்பதற்காக, ரஷியா வேண்டுமென்றே நடத்திய 'குறுக்கீட்டு உத்தி' என்று சித்திரித்தனர் பலர். எனினும் அமெரிக்க நிலப்பரப்பினில் விழவிருந்த அக்காலாவதியான 'காஸ்மாஸ்-57' விண்கலத்தினை, வானில் வைத்தே ஒழித்துக் கட்டியது ஒரு அபாயத் தடுப்பு முன் ஏற்பாடே என ரஷியத் தரப்பிலும் அதற்கு மறுப்பு உரைக்கப்பட்டது.

இத்தகைய "எதிரீட்டுச் செயற்கைக்கோள்" (**Anti-Satellite**) திட்டத்தினை இரண்டு வல்லரசுகளுமே இரகசியமாகத் தங்களுக்குள் நடத்தி வருகின்றன.

ஆயினும் 1993-ஆம் ஆண்டின் அமெரிக்க இராணுவ, பாதுகாப்பு நிதி ஒதுக்கீட்டில் இத்திட்டம் இடம்பெறவில்லை. அமெரிக்க விமானப்படை மட்டும் 1991-ஆம் ஆண்டின் நவீன மேம்பட்ட எச்சரிக்கை அமைப்புக்கென (**Advanced Warning System**) சுமார் 21 கோடி டாலர்களைத் தங்கவைத்துக் கொண்டுள்ளது.

இராக் யுத்தத்தில். . .

உளவுச் செயற்கைக்கோள்களை (**Intelligence Satellites**) நம்பியே அமெரிக்கா போன்ற நாடுகள் போர்களில் ஈடுபடுகின்றன. இல்லையெனில் 1990 ஆகஸ்டு 2 அன்று குவைத் நாட்டினை ஆக்கிரமித்த இராக் படைகள் உடனே அங்கிருந்து வாபஸ் ஆகாததை ஒரு வார காலத்திற்குள்ளாகவே திட்டவட்டமாக அன்றைய அமெரிக்க அதிபர் புஷ் அறிவித்திருக்க மாட்டார்.

அமெரிக்காவின் பனாமா படையெடுப்பின்போது புற உயர் அதிர் வெண் (**Ultra High Frequency**) அலைகள் வழி நடத்திய செயற்கைக்கோள் தொடர்பினை விடவும், நுட்பமான மிகை உயர் அதிர்வெண் (**Super High Frequency**) அலைவரிசையில் இயங்கிய பாதுகாப்புத்துறைச் செயற்கைக் கோளின் தகவல்தொடர்பு அமைப்பே (**Defence Satellite Communications System**) மிகுதியும் பயன்படுத்தப்பட்டது என்பதனை அமெரிக்க இராணு வத்தின் 18- ஆவது விமானத் துருப்புகள் ஒப்புக் கொண்டன.

5. உலகளாவிய இருப்பிடம் உணர்த்து அமைப்பு

தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக்கோளின் தொகுப்பான உலகளாவிய இருப்பிடம் உணர்த்து அமைப்பு **(Global Positioning System)** ஜி.பி.எஸ். **(G.P.S.)** எனப்படும். இத்திட்டம் அமெரிக்கப் பாதுகாப்புத் துறையால் தீவிரப் படுத்தப்பட்டு வருகிறது.

ஜி.பி.எஸ். திட்டத்தின் கீழ் 1978-லிருந்து 1985-ஆம் ஆண்டுவரையிலான கால அளவில் ஏவப்பட்ட முதல் கட்ட **(Block-1)** பரீட்சார்த்த செயற்கைக்கோள் களில் ஒன்று 1980 ஏப்ரல் 26 அன்று செலுத்தப்பட்டது; 1990 டிசம்பர் 11 அன்று திறனிழந்து போயினும், ஏனைய 15 செயற்கைக்கோள்களின் நாவ்ஸ்டார் **(Navstar)** மண்டல அமைப்பு தளர்ந்து விடவில்லை.

மத்திய கிழக்குப் பாலை மணல்வெளியில் சவூதி அரேபியாவில் முகாமிட்ட அமெரிக்கத் துருப்புகள் தத்தமது 'எம்-1 ஏ-1' **(M-1 A-1)** பீரங்கிகளில் பொருத்தப்பெற்ற சிறிய, எடை குறைந்த ஜி.பி.எஸ். அலைவாங்கிகளை காதோடு வைத்துக்கொண்டுதான் பொழுதைக் கழித்தன எனக்குறிப்பிடுகிறார் தளபதி ஜெனரல் லூயி டெல் ரூஸோ **(Maj. Gen. Louis Del Rosso)**. விண்வெளி மற்றும் இராணுவச் சிறப்புத் தளவாடங்கள் துறை இயக்குநர் ஆவார்.

கலிஃபோர்னியாவிலுள்ள 'டிரிம்பிள் நாவிகேஷன்' **(Trimble Naviigation)**, 'மெகல்லன் சிஸ்டம்ஸ் கார்ப்பரேஷன்' **(Magellan Systems Corporation)** ஆகிய தொழில் கூடங்களில் தயாரிக்கப்பெற்ற இத்தகைய சிறிய அலை வாங்கிகள் 5000-க்கும் அதிகமான அளவில் சவூதி அரேபியாவில் இருந்த அமெரிக்கத் துருப்புகளால் பயன்படுத்தப்பட்டனவாம்.

1990, டிசம்பர் மாதத்தில் மட்டும் கிட்டத்தட்ட 121 லட்சம் டாலர் மதிப்புள்ள 2300 குறு அலைவாங்கிகள் வேண்டி விண்ணப்பித்ததாம் அமெரிக்கப் பாதுகாப்புத்துறை.

இவற்றின் உதவியினால் ஒவ்வொரு பீரங்கியும் தத்தம் இருப்பிடத்தினை 16 மீட்டர்கள் துல்லியமாகக் குறித்து வைத்துக்கொள்ள முடியுமாம்.

பிரான்சிஸ் 'ஸ்பாட்'

தவிரவும் இராக், குவைத்தினை ஆக்கிரமித்த உடனேயே 'ஸ்பாட்' **(SPOT)** என்கிற பிரெஞ்சுச் செயற்கைக்கோள் படம் பிடித்தனுப்பிய படிமங்களும், படங்களும் அமோகமாக விற்பனை ஆயின.

"21-ஆம் நூற்றாண்டின் அதி சக்திவாய்ந்த பேராற்றல் நாடாக விளங்கி நண்பருக்கு உதவிடவும், பகைவரை ஒறுத்திடவும் முயலும் அமெரிக்காவிற்கு 'கேஎச்-11' ஒளியியல் வேவுச் செயற்கைக்கோள்கள் **(Key Hole-11 Photo reconnaissance Satellites)** சிலவும், 'லாக்ரோசி ரேடார் செயற்கைக்கோள்' **(Lacrosse Radar Satellite)** ஒன்றும், கைவசம் இருக்கும்போது உலகின் மத்திய கிழக்குப் பிராந்தியங்களைக் காலையும், மாலையும் படம் பிடித்து அனுப்புவது அவ்வளவு கடினமான காரியமே இல்லை" என்றார் ஜெஃப் ரிச்செல்சன் **(Jeff Richelson)** எனும் உளவுச் செயற்கைக்கோள் நிபுணர்.

மேலும் 36,000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் நிலநடுக்கோட்டின் மேல் மத்திய கிழக்கு நிலப் பகுதிகளில் பறந்து செல்லும் இராணுவச் செயற்கைக்கோள்கள் மட்டுமன்றி, வளைகுடாக் கடலில் லா சாலி **(La Salle)** என்னும் ஆணைக் கப்பலும் மிகை உயர் அதிர்வு அலைவாங்கி முனைகள் தாங்கி ஆயத்தமாய் நின்றதாம்.

ஏற்கெனவே அமெரிக்க விமானப் படைக்குச் சொந்தமான வானிலைச் செயற்கைக்கோள்கள், பாதுகாப்பு வானிலை ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள் திட்டத்தின் கீழ் செயல்பட்டும் வருகின்றன.

இவ்வகை உளவாளிச் செயற்கைக்கோள்களை பென்டகனின் 'தேசிய திறனாற்றலை வெளிக்காட்டும் அதிரடிப் பிரயோகம்' **(Pentagon's Tactical Employment of National Capabilities)** என்னும் திட்டத்திற்கென அமெரிக்க இராணுவம் பயன்படுத்திக் கொள்ளும் எனக் குறிப்பிட்டார் கர்னல் ஜாக்சன் மோஸ் **(Col. Jackson Moss).**

ஏப்ரல் 1989-இன் 'விமானப் படையின் விண்வெளி அதிரடிகள் நடைமுறை நூல்' **(Naval Space Tactics Manual)** இக் கருத்துகளுக்கு ஆதரவு ஊட்டுகின்றது.

இராணுவ விண்வெளித் திட்டங்கள்

'இராணுவ செயற்கைக்கோள் மண்டலம்' ஏற்படுத்தும் பூர்வாங்க முயற்சிகள் இத்தாலி நாட்டிலும் அரங்கேறி வருகின்றன. அதிக பட்சம் 9 ஐரோப்பிய நாடுகள் இணைந்து 7 திட்டங்களையாவது வகுத்துக் கொள்ள முற்படுகின்றன. 1989 அக்டோபர் மாதத்தில் தொடங்கிய இத்திட்டம், 'பியானோ ஸ்பாசியால் மிலிட்டேர்' **(Piano Spaziale Militare)** எனப்படும். அதாவது, இராணுவ விண்வெளித் திட்டம்.

இத்திட்டத்திற்கு 'இத்தாலியக் கூட்டு உயர் அதிகாரிகள்' **(Italian Joint Chiefs of Staff)** குழு **1990** செப்டம்பர் மாதம் ஒப்புதல் வழங்கிற்று. இதற்கென **800** கோடி முதல் **1,300** கோடி டாலர்கள் வரை செலவாகும் என்றும், பத்துப் பதினைந்து ஆண்டுகளில் இத்திட்டம் நிறைவேறும் என்றும் கூறப்படுகின்றது.

மேலும், இராணுவம் மற்றும் விண்வெளி ஆய்வுக் கொள்கை பேதங்களை இனம் பிரித்து ஆராயும் பொறுப்பு ஏ.எஸ்.ஐ. **(ASI)** என்று அழைக்கப்படும் 'ஏஜன்சியா ஸ்பாசியால் இத்தாலியானா' **(Agenzia Spaziale Italiana)** என்னும் இத்தாலிய விண்வெளி நிறுவனத்திடம் ஒப்படைக்கப்பட்டுள்ளது.

ஏதாயினும், இத்தாலிய இராணுவ அமைச்சகத்தின் கீழ் **(Italian Defence Ministry)** ஏற்கெனவே மூன்று இராணுவ செயற்கைக்கோள் திட்டங்கள் இயங்கி வருகின்றன. ஒன்று, பிரான்சு மற்றும் ஸ்பெயின் நாடுகளுடன் இணைந்த கூட்டு முயற்சியான 'ஹீலியோஸ்' **(Helios)** ஒளிப்பட வேவுச் செயற்கைக்கோள் **(Photographic Reconnaissance Satellite).** இரண்டாவது, இத்தாலிக்கே சொந்தமான 'இத்தாலிய அவசர அறிவிப்பு மற்றும் வகைப் படுத்தப்பட்ட தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோளான **(Italian Alarm and Classified Communications Satellite)** 'சிக்ரால்' **(Sicral).** மூன்றாவதாக, அமெரிக்கத் தலைமையிலான 'நாவ்ஸ்டார்' உலகளாவிய இருப்பிடம் உணர்த்து அமைப்பு **(Navstar Global Positioning System)** என்கிற ஜி.பி.எஸ். திட்டம்.

பகை நாட்டு இராணுவ நடவடிக்கைகளை முற்றிலுமாகக் கண்காணித்து எதிர்த்து நிற்கும் நவீன போர் வியூகத்தில் இத்தகைய செயற்கைக்கோள்களின் பங்கு அளப்பரியதாகும்.

25

கோளாய்வுக் கலன்கள்

1. சந்திரன்

ஐம்பது ஆண்டுகளுக்கு முன், 1959 ஜனவரி 2 அன்று ரஷியா செலுத்திய 'லூனா-1' விண்கலம் (படம் 25:1) புவியீர்ப்பின் அசுரப் பிடியிலிருந்து விடுபட்டு சந்திரனை நோக்கி 6000 கி.மீ. அருகில் பறந்து கடந்து சென்றது.

1959 செப்டம்பர் 14 அன்று செலுத்தப்பட்ட 'லூனா-2' என்கிற ரஷிய விண்கலம் நிலாத்தரையில் முட்டி மோதியது. பூமியில் இருந்து கவனித்தால் நம்மால் பார்க்க முடியாத நிலாவின் முதுகுப் புறத்தை 1959 அக்டோபர் 4 அன்று செலுத்தப் பெற்ற லூனா-3 விண்கலம் படம் பிடித்தது. 1962–68 ஆண்டுக் காலகட்டங்களில் அப்போலோ வீரர்களும் அதனைப் படம் பிடித்தனர்.



படம் 25.1: 'லூனா-1' விண்கலம்- சந்திரனை ஆராய்ந்த உலக நாடுகளின் விண்கலன்கள்

ஆயின் **1966**-ஆம் ஆண்டு ஜனவரி முதல் தேதி அன்று ரஷிய நாட்டு '**லூனா-9**' விண்கலம் நிலாவில் சுமுகமாகத் தரை இறங்கியது அனைவரும் அறிந்ததே. 'சர்வேயர்' **(Surveyor)** விண்கலன்கள் நிலா மண்ணை அளைந்து ஆராய்ந்தன. ஆளில்லாத 'லூனாக்கோத்' **(Lunakhod)** எனும் சந்திர ஊர்திகள் நிலவில் இறங்கி ஆராய்ச்சிகள் நடத்தின.

1994 ஜனவரி மாதவாக்கில் அமெரிக்காவின் 'ஸ்டார் வார்ஸ்' திட்டத்தின் கீழ் அனுப்பப்பட்ட அமெரிக்கப் பாதுகாப்புத் துறையின் கிளெமென்டைன் விண்கலம் சந்திரனை **20** இலட்சம் இலக்கவியல் பிம்பங்களில் பதிவாக்கிற்று. இது துருவப்பாதை விண்கலம் ஆனபடியால் நிலாவினை ஒரே அளவு சீரான சூரிய வெளிச்சத்தில் படம்பிடிக்க முடிந்தது.

சந்திரன் சுமார் **450** கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் குறுங்கோள் ஒன்று பூமியில் வந்து மோதியபோது தெறித்து விழுந்த பிண்டங்களிலிருந்து உருண்டு திரண்டு உருவானதுதானாம்.

அதேவேளையில், நிலாவில் நாம் காணும் பக்கத்தில் இம்பிரியம் **(Imbrium)**, கிறிஸியம் **(Chrisium)**, செரினிடாட்டிஸ் **(Serenitatis)**, ட்ராங்க் யுலிடாட்டிஸ் **(Tranquillitatis)** ஆகிய பகுதிகளில் எரிமலைக் குழம்பு பாய்ந்து இருக்கக்கூடும்.

நம் சந்திரன், நிலாவின் மறுபக்கம் மிகக் கனமான மோதல்களால் விழுந்த பள்ளங்களே. இது நாம் காணும் நிலாவின் பக்கத்தில் தென்படும் குழிவுகளைக் காட்டிலும் அதிக ஆழம் மிக்கவை. அவற்றின் கரைத்திட்டுகள் மெல்லிய நிறமுடையவை.

மாஸ்கோவியின்ஸ், சியோல்கோவ்ஸ்கி ஆகியோர் பெயர்களிலான குழிவுகள் இவ்வகை சார்ந்தவை ஆகும். ஏனையவை தென்துருவப் பகுதி முதல் நிலா நடுக்கோடு வரையில் **2400** கிலோமீட்ருக்கு உட்பட்ட பகுதியில் பரவியுள்ளன. இவை சூரிய மண்டலத்திலேயே மிக அகலமானதும், மிக ஆழமானதும் ஆகிய மோதல் பள்ளப் பகுதியில் அமைந்துள்ளன என்று கிளெமென்டைன் ஆய்வுகள் தெரிவிக்கின்றன. இது பின்புறப் பெரும் பள்ளம் **(Big Backside Basin)** எனப்படுகிறது. இதனைத் தென்துருவ-ஐத்கன் பள்ளம் **(South Pole-Aitken)** என்கிறோம். காரணம் இது தென்துருவம் முதல் ஐத்கன் குழிவு வரை படர்ந்துள்ளது. அதன் நடுப்பகுதி **9** மீட்டர் ஆழம் ஆகும்.

மோதலின் போது இப் பகுதியில் இருந்து தூசி தும்புடன் கிளம்பிய புழுதிப்படலம் பூமியைக்கூட எட்டியதாம். இந்தத் தென்துருவ ஐத்கன் பள்ளத்தில் தோரியம் எனும் கதிரியக்க உலோகம் கூடுதலாகக் காணப் படுகிறது. தவிரவும், பொட்டாசியம் (பொ), அபூர்வ மண் தனிமங்கள் (அ.ம.த), பாஸ்வரம் (பா) ஆகியவை செறிந்துள்ளனவாம். இதனை ஆங்கிலத்தில் 'கிரீப்' **(KREEP)** என்கின்றனர். வேறு ஒன்றும் இல்லை. **K** என்பது பொட்டாசியத்தின் வேதிக்குறியீடு. **REE** என்பதன் விரிவாக்கம் ஆங்கிலத்தில் **Rare Earth Elements**(அபூர்வ மண் தனிமங்கள்). **P** என்றாலே பாஸ்வரம். தமிழில் வேண்டுமானால் சுருக்கி– 'பொஅமதபா எனலாமோ?

பல கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் வெள்ளிக் கோளுக்கு ஒரு சந்திரன் இருந்ததாம். அது 380 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்பு நிகழ்ந்த இத்தகைய மோதல் கலவரத்தில் வெள்ளியின் சந்திரன் அதனை விட்டுத் தெறித்து விலகிற்றாம். நம் சந்திரனும் கூட இன்றும் ஆண்டுக்கு 3.8 சென்டி மீட்டர் அதாவது இரண்டு விரல்கடை அளவுக்கு நம்மைவிட்டு விலகிச் சென்று கொண்டு தானிருக்கிறது.

நிலாப் பயணங்கள் மேற்கொண்ட நாடுகளின் வரிசையில் ரஷியா, அமெரிக்கா ஆகிய நாடுகளுக்குப் பிறகு இன்று ஐரோப்பாவும், ஜப்பானும், சீனாவும் சேர்ந்து கொண்டன. அதற்கு அடுத்த ஆறாம் இடம் இந்தியாவிற்காகும்.

இதற்கிடையில் அதிக ஆரவாரம் இல்லாமல் ஜப்பான் செலுத்திய 'ஹிதென்' **(Hiten)** என்னும் விண்ணூர்தி 1993 நவம்பர் 11 அன்று நிலாவில் 'ஃபர்னிலியஸ்' **(Furnelius)** எனும் இடத்தில் தரை இறங்கியது.

2003 செப்டம்பர் 27 அன்று ஐரோப்பா 'ஸ்மார்ட்' **(SMART-1)** என்னும் சந்திர விண்கலனை அனுப்பி வெற்றி கண்டது. சமர்த்தான விண்கலன். 'ஸ்மார்ட் மிஷன் ஃபார் அட்வான்ஸ்ட் ரிசர்ச் இன் டெக்னாலஜி' **(Smart Missions for Advanced Research in Technology-SMART).** இதையே தமிழில் சிறு பணி இலக்கு 'மேம்பட்ட தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சிக்கான சிறுபணி இலக்கு'.

2004 நவம்பர் 15 அன்று சந்திரனுக்கு 5000 கிலோமீட்டர் மிக அருகில் பறந்து சென்றது. ஜனவரி மத்தியில் சந்திரன் தென்துருவம் பக்கமாக 300 கிலோமீட்டரும் வடதுருவம் அருகே 3000 கிலோமீட்டரும் என்னும் நீள்வட்டப் பாதையில் சுற்றியது. இதில் முதன்முறையாக மின்சக்தியால் இயங்கும் உந்துபொறி கையாளப் பெற்றது. அந்த அயனிப் பொறியில் செனான் எனும்

ஜட வாயுவே எரிபொருள் ஆகும். இவ் விண்கலன் 2004 நவம்பர் முதல் சந்திரனைச் சுற்றி வந்தது; 2006 செட்பம்பர் 3 அன்று நிலாத்தரையில் முட்டி விழுந்தது.

ஜப்பான் உலக நாடுகளில் மிக சாந்தமாகவும், அமைதியாகவும் நிலவுக்கு இரண்டாம் முறையாகப் பயணம் மேற்கொண்டது. அதன் பெயர் செலீனி **(SELENE)** என்பதாகும். 'செலீனி' என்றால் கிரேக்க மொழியில் நிலவு என்று பொருள். ஆனால் இந்த ஜப்பானியத் திட்டம் 'செலீனோலாஜிக்கல் அண்ட் எஞ்சினீயரிங் எக்ஸ்புளோரர்' **(Selenological and Engineering Explorer)** என்னும் ஆங்கில வாக்கியத்தின் சுருக்கமாகும். தமிழில் இதனை 'சந்திர வியல் மற்றும் பொறியியல் ஆய்வுக்கலன்' என்று குறிப்பிடலாம்.

2007-ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் 14 அன்று விண்ணில் செலுத்தப்பட்டது செலீனி. இதனை செலுத்திய நிறுவனம், 'ஜாக்ஸா' **(JAXA)** என்று அழைக்கப் படுகிறது; 'ஜப்பானிய ஏரோஸ்பேஸ் எக்ஸ்புளோரேசன் ஏஜன்சி' **(Japan Aerospace Exploration Agency)** என்பதன் சுருக்கமாகும்.

இதற்காக'எச்-2ஏ' என்னும் ராக்கெட் தயாரிக்கும் பணி ஆரம்பத்தில் ஜப்பானிய அரசால் நிருவகிக்கப்பட்டு வந்தது. பின்னர் அந்தப் பொறுப்பினை மிட்சுபிஷி கனரகத் தொழிற்சாலை ஏற்றது. அதன் பிறகு செலுத்தப்பட்ட முதல் ராக்கெட் தான் இந்த செலீனி ஆய்வுக்கலனை சந்திரனை நோக்கி ஏவியது.

முதன் முறையாக, இச்செலீனி விண்கலன் கங்காரு மாதிரி தன் மடியில் இரண்டு குறுஞ் செயற்கைக்கோள்களைப் பொதிந்து வைத்து இருந்தது. அவற்றை நிலா வானில் சுற்றிப் பறக்கவிட்டது. இந்த இரட்டைச் செயற்கைக்கோள்களுக்கு 'ஆர்-ஸ்டார்' **(Rstar)**, 'வி-ஸ்டார்' **(Vstar)** என்பன பெயர்கள். இவை முறையே 'அஞ்சல் செயற்கைக்கோள்' (ரிலே சாட்டிலைட்) என்றும், 'விராட்' **(VRAD)** என்றும் வழங்கப்படுகின்றன. சந்திரனின் ஈர்ப்புவிசையை அளக்க உதவும் அபூர்வ சகோதரச் செயற்கைக் கோள்கள் இவை. ஒவ்வொன்றும் ஐம்பது கிலோ எடையுடையதாகும்.

இன்னும் நிலவுக்கு அடி ஆழத்தில் உருகித் ததும்பும் எரிமலைக் குழம்பை அடையாளம் காண்பதற்கும் செலீனி விண்கலனில் வசதி இருக்கிறது. அந்த உபகரணத்திற்கு 'லூனார் ரேடார் சவுண்டர்' **(Lunar Radar Sounder)** என்று பெயர்.

இந்த செலீனி விண்கலனுக்குச் செல்லப் பெயர் 'கசூயா' **(Kaguya)** என்பது; ஜப்பானிய நாட்டுப்புறப் பாடல்களில் இடம்பெறும் பேரழகியின் பெயர்

இது. இவள் நிலவில் பிறந்தவளாம். 3 டன் எடை கொண்ட இந்த விண்கலனும் சந்திரனில் நாம் காணும் முகப்படத்தின் தென்கிழக்குப் பகுதியில் 2009 ஜூன் 10 அன்று மோதிற்று.

ஜப்பானுக்கு அடுத்தபடி நிலவுக்கு விண்கலம் அனுப்பிய ஐந்தாவது நாடு என்ற பெருமையையும் தங்க வைத்து விட்டது சீனா. ஏற்கெனவே மனிதனை விண்வெளிக்கு அனுப்பிய மூன்றாவது நாடு என்ற சிறப்புத் தகுதி பெற்றுவிட்ட நாடாகும் இது. 2007 அக்டோபர் 24 அன்று சீனா சந்திரனை நோக்கித் தனது 'சாங்கே-1' **(Change-1)** என்னும் சுற்றுகலனை 'லாங் மார்ச்-3ஏ' என்னும் ஏவுகலன் உதவியால் அனுப்பியது; சிச்சுவான் மாகாணத்தின் தென்மேற்கில் க்சைசாங் செயற்கைக்கோள் ஏவுதளத்தில் **(Xichang Satellite Launch Center)** இருந்து செலுத்தப் பெற்றது.

நிலவின் முப்பரிமாணத் தோற்றத்தையும் பதிவாக்கும் காமிரா, குறுக்கீட்டு அளவி, பிம்பப் படப்பதிவி, காமாக் கதிர்வீச்சு மற்றும் எக்ஸ்-கதிர்வீச்சு நிறமாலை அளவி, லேசர் குத்துயர அளவி, நுண்ணலை துலக்கி, அதிஆற்றல் சூரியத் துகள் துலக்கி, சக்தி குறைந்த அயனிகள் துலக்கி ஆகிய எட்டு உபகரணங்கள் அதில் இடம்பெற்றன. நிலாவின் மேற்புறம் வெளிப் படையாகத் தெரியும் மண், கல், பாறை, மலைகள், பள்ளங்கள் அனைத்தும் பூமியில் பதிவாக்கப்பட வேண்டும். நாம் அங்குச் சென்று குடியேறும் முன்னர் அதன் நிலவளம், சுற்றுச்சூழல் போன்ற பல்வேறு தகவல்களை அறிந்து கொள்ள வேண்டுவது அவசியம் ஆகும்.

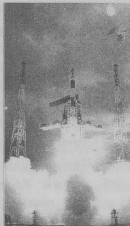
இந்த 'சாங்கே' விண்கலம் 2007 நவம்பர் 5 அன்று நிலவைச் சுற்ற ஆரம்பித்தது. இதன் நிலவுப் பயணத்தை 'பெய்ஜிங் ஏரோஸ்பேஸ் கன்ட்ரோல் சென்டர்' **(Beijing Aerospace Control Center)** முழுமையாகக் கண்காணித்து வந்தது.

ஆயினும் 'சாங்கே' திட்டத் தலைவர் லூவான் எய்ஞ்ஜி, "உலகின் எந்த நாட்டுடனும் எந்த வடிவத்திலும் சீனா சந்திரப் பயணத்தில் பந்தயம் வைக்கவில்லை" என்று அடக்கமாகக் கூறினார். ஆயினும், 2,300 கிலோ எடை கொண்ட இந்தச் சந்திரக் கலனும் 2009 மார்ச் 1 அன்று நிலாத்தரையில் போய் விழுந்தது.

சந்திரயான் திட்டம்

நிலா நோக்கி இந்தியாவின் முதலாவது சந்திரயான் தனது பயணத்தை தொடங்கி விட்டது. 2008 அக்டோபர் 22 அன்று காலை 6:22:10 மணி அளவில்

சென்னைக்கு அருகே ஸ்ரீஹரிக்கோட்டாவில் சத்தீஷ் தவான் விண்வெளி மையத்தின் இரண்டாவது ஏவுதளத்தில் இருந்து பி.எஸ்.எல்.வி.-11 என்ற ஏவுதளம் சந்திரயானைச் சுமந்து சென்றது. (படம் 25:2)



படம் 25.2 : நிலவை நோக்கிச் சந்திரயான் பயணம்

'அப்போலோ-11' மாதிரி நமக்கு பி.எஸ்.எல்.வி.-11 ஏவுகலன் உலகச் சந்திரப் பயணங்களில் முக்கிய மைல்கல் ஆகும்.

"சிறிய அடி வைப்பு. ஆனாலும் இந்திய நாட்டின் அசுரப் பாய்ச்சல்" என்றே குறிப்பிடலாம். முதல் மூன்று மேம்பாட்டுச் சோதனைப் பயணங்கள் நடத்தி வர்த்தக ரீதியில் பிற நாட்டுச் செயற்கைக்கோள்களையும் ஏற்றிச் செல்லும் அபாரத் திறனுடன் விண்வெளிச் சந்தைக்கு வந்துவிட்ட சாதனை விண்கலன் பி.எஸ்.எல்.வி. மிக நம்பகமான வாகனம். இந்த பி.எஸ்.எல்.வி. துருவப் பாதைச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன் இதுவரை இந்தியாவின் 13 செயற்கைக்கோள்களையும், அயல் நாட்டு 19 செயற்கைக்கோள்களையும் விண்வெளியில் சுற்றவிட்ட திறமையான விண்கலம். 12 வெற்றிப் பயணங்கள் நடத்தி உள்ளது. இதன் 13-ஆவது வெற்றிப் பயணம் சந்திரயான்.

இதில் முதன்முறையாக ஆறு இணை உந்துபொறிகளும் 3.4 மீட்டர் நீளம் அதிகரிக்கப்பட்டவை. அதனால் எரிபொருள் எடையும் 3.3 டன்கள் கூடுதல் ஆகும். மேப்படுத்தப்பட்ட இந்த ஏவுகலன் இயல்பாகவே 600 கிலோ மீட்டர் துருவப்பாதையில், 1600 கிலோவிற்குப் பதில் 1750 கிலோ செயற்கைக்கோளை எடுத்துச் செல்லும் அதி ஆற்றல் மிக்கது.

இந்த நிலா விண்கலம் 1380 கிலோ எடை கொண்டது. ஏவப்பட்டு 18 நிமிடத்திற்குள் நீள்வட்டத்தில் சுற்ற ஆரம்பித்தது. புவி அருகுப் புள்ளி 256 கி. அப்பால் புள்ளி 22863 கி.மீ. அடுத்த நாள் அதன் புவி அப்பால் தொலைவு 37,421 கி.மீ., மூன்றாம் நாள் 73,925 கி.மீ., நான்காம் நாள் 1,99,277 கி.மீ. என்று மெல்ல மெல்லச் சுற்றுப்பாதை உயர்த்தப்பட்டது. பின்னர் எட்டாம் நாள் தான் 2,69,201 கி.மீ. உயரத்திற்கும், பதின்மூன்றாம் நாள் 3,86,194 கி. என்ற தொலைவுக்குச் சென்றது. அதுவே சந்திரனின் சுற்றுப்பாதை தூரம். உள்ளபடியே சந்திரனுக்கு நேரடியாகச் செல்வதானால் ஐந்தரை நாட்கள் போதும். ஆனால் இப்படி பூமியைப் பலமுறை சுற்றிவந்து வேகம் ஊட்டப்பட்டு பறப்பதால் இரண்டு வாரங்கள் ஆயிற்று.

சந்திர விண்கலனின் பயணப் பாதையைத் தொடர்ந்து கண்காணிக்க ஸ்ரீஹரிக்கோட்டா, போர்ட் பிளைர், ஆகியவற்றுடன் புரூனை, பியாக் போன்ற பன்னாட்டு நிலையங்களும் பங்களித்தன. அவ்வாறே, சமீபத்தில் இந்தியா நிறுவிய 'ஆழ்விண்வெளித் தகவல் தொடர்பு' **(Deep space Network)** அலைதிரட்டிகள் சந்திரயானின் பாதையைப் பின்பற்றிக் கவனித்தது.

சந்திரயான் விண்கலம் நிலாவை அதன் தரைமட்டத்தில் இருந்து அப்பால் 7500 கி.மீ. மற்றும் அருகில் 500 கி.மீ. என்னும் நீள்வட்டப் பாதையில் சுற்றத் தொடங்கியது. அதுவும் நான்கு தடவைகளில் ஒவ்வொரு முறையும் சுற்றுப்பாதை மெல்ல மெல்லச் சுருக்கப்பட்டு இறுதியில் சந்திரனை 100 கிலோ மீட்டர் துருவப்பாதையில் சுற்றியது.

சந்திரயானில் நம் நாட்டின் 'மூன் இம்பாக்ட் புரோப்' **(Moon Impact Probe)** என்கிற நிலா மோதுகலன் இடம்பெற்றது. இது ஆங்கிலத்தில் சுருக்கமாக 'மிப்' **(MIP)** என்று சுட்டப்பெறுகிறது. 35 கிலோ எடை கொண்ட இந்த 'மிப்' கலன் 2008 நவம்பர் 14 அன்று இரவு 8 மணி 6 நிமிடம் 54 நொடிக்கு சந்திரயான் கலத்தில் இருந்து விடுவிக்கப்பட்டது. 25 நிமிடங்கள் கழித்து இரவு 8.31 மணிக்குத் திட்டமிட்டபடி நிலாவில் நொடிக்கு 1.6 கி.மீ. வேகத்தில் மோதி இறங்கியது. இறங்கிய இடம் தென்துருவத்தில் ஷேக்கிள்டன் குழிவுப் **(Shackleton crater)** பகுதியாகும்.

நிலா வானில் கீழிறங்கும்போது 'மிப்' மோது கலம் சுமந்து சென்ற காமிராக்கள் நிலாத் தரையைப் படம்பிடித்துப் பூமிக்கு அனுப்பியது. இந்த 'நிலா மோது கல'னில் மூன்று கருவிகள் முக்கியமானவை. அவை 'ரேடார் உயர அளவி' **(Radar Altimeter)**, 'ஒளிப் படப்பதிவு அமைப்பு' **(Video Imaging System)**, நிறைமாலை அளவி **(Mass Spectrometer)** ஆகியனவாகும். 'மிப்'

கலன் எடுத்து அனுப்பிய முதல் படம் நாடெங்கும் அனைத்து மொழி பத்திரிகைகளிலும் வெளிவந்தது.

சந்திரயான்-1 செலுத்திய நிலா மோது கலன் நம் இந்தியத் தேசியக் கொடியுடன் சென்று அங்கு விழுந்தது. அன்று பண்டித ஜவஹர்லால் நேருவின் பிறந்த நாளாகும். நாம் நிலா வானில் பறந்த நாள் குழந்தைகள் தினமாகும்.

நிலாவில் மோதிய 'மிப்' கலன் தவிர மேலும் 10 கருவிகள் சந்திராயனில் இடம்பெற்றன. அவற்றில் நான்கு இந்தியாவில் தயாரிக்கப்பட்டவை. ஆறு உபகரணங்கள் வெளிநாட்டிற்குச் சொந்தம் ஆனவை.

சந்திரத் தரையை முப்பரிமாணப் படம் பிடிப்பதற்கான 'டெர்ரைன் மேப்பிங் காமிரா' **(Terrain Mapping Camera)**வின். எடை வெறும் 7 கிலோதான். இது 20 கிலோமீட்டர் அகலத்தில் பட்டை பட்டையாக நிலாத்தரையைப் பதிவு செய்தது.

'ஹைப்பர் ஸ்பெக்ட்ரல் இமேஜர்' **(Hyper Spectral Imager)** எனும் இன்னொரு உபகரணமான மிகை நிறமாலைப் பிம்பப் பதிவி நிலா மண்ணில் கனிமங்களை ஆராய்ந்தது. இப்பதவியின் எடை 4 கிலோ மட்டுமேதான்.

நிலாவில் மேடு பள்ளங்களைத் துல்லியமாக அளக்கும் 'லூனார் லேசர் ரேஞ்சிங் இன்ஸ்ட்ருமெண்ட்' **(Lunar Laser Ranging Instrument)** லேசர் வழி நிலாத் தரை அளவீட்டுக் கருவியாகும். இதன் எடை 10 கிலோ.

நான்காவது கருவி 'ஹை எனர்ஜி எக்ஸ்-ரே ஸ்பெக்ட்ரோமீட்டர்' **(High Energy X-ray Spectrometer)** எனப்படும் அதி ஆற்றல் கொண்ட எக்ஸ் கதிர் அலைமாலையளவி. இக்கருவி நிலா மண் உமிழும் கடின எக்ஸ்-கதிர் **(Hard X-ray)** குறித்த ஆராய்ச்சிக்குரியது. நிலா உலகில் கதிர்வீச்சு அபாயம் பற்றிய முன் பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகள் மேற்கொள்ள இந்தத் தகவல்கள் அவசியமாகும்.

மேனாட்டு ஆய்வு உபகரணங்களில் மூன்று கருவிகள் ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகத்தின் பங்களிப்பு. அமெரிக்கக் கருவிகள் இரண்டு, பல்கேரியா நாட்டு உபகரணம் ஒன்று.

ஜெர்மன் நாட்டு 'மாக்ஸ் பிளாங்க் சூரிய மண்டல அறிவியல் நிறுவனம்' தயாரித்த 'சிர்-2' **(SIR)** என்னும் 'அருகு அகச்சிவப்பு நிறமாலையளவி' **(Near Infra-red Spectrometer)** உபகரணமும் சந்திரயானில் இடம்பெற்றது. நிலாவில் வட்டக்குழிவுகள், பள்ளத்தாக்குகள் உருவான விதத்தை ஆராய்ந்து அறிய இது உதவிற்று.

இங்கிலாந்தின் 'ரூத்தர்ஃபோர்டு அப்பிள்டன் ஆய்வுச் சாலை' மற்றும் இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனம் ஆகியவற்றின் கூட்டு முயற்சியில் தயாரான 'சி.1.எக்ஸ் எஸ்' **(C1XS)** என்னும் கருவி 'சந்திரயான்-1 எக்ஸ் கதிர் நிறமாலையளவி' ஆகும். இதன் உதவியால் சந்திர மண்ணில் மக்னீசியம், அலுமினியம், சிலிக்கான், கால்சியம், இரும்பு, டைட்டேனியம் போன்ற உலோக வளங்கள் அளந்து அறியப்பட்டது.

கனிமங்கள் மட்டுமன்றியும், கண்ணுக்குத் தெரியாத ஆற்றல் துகள்களை அளவிடுவதற்கு– 'சாரா' **(SARA)** எனும் 'சப் கே.இ.வி. ஆட்டம் ரிஃப்லக்டிங் அனலைசர்' **(Sub Kev Atom Reflecting Analyser)** என்ற கருவி இடம்பெற்றது. 'கிலோ எலக்ட்ரான் வோல்ட் ஆற்றல் அணு சார் பிரதிபலிப்புப் பகுப்பாய்வி' இது. இந்த ஆற்றல் மிகு மின்நடுநிலைத் துகள்கள் பகுப்பாய்வி **(Chandrayan-1 Energetic Neutrals Analyser)** சுவீடன் விண்வெளி இயற்பியல் நிறுவனத்தின் உதவியுடன் திருவனந்தபுரம் விக்கிரம் சாராபாய் விண்வெளி ஆய்வு மையத்தின் 'விண்வெளி இயற்பியல் ஆய்வக'த்தில் உருவாக்கப்பட்டதாகும்.

அமெரிக்காவின் ஜான்ஸ் ஹாப்கின்ஸ் பல்கலைக் கழகத்தின் பயன்பாட்டு இயற்பியல் ஆய்வுச் சாலையும், கடற்படைத் தளவாட மையமும் இணைந்து தயாரித்தது 'மினிசார்' **(mini-SAR)** எனும் கருவி. 'மினியேச்சர் சின்தட்டிக் அப்பெர்ச்சர் ரேடார்' **(Miniature Synthetic Aperture Radar)** ஆகும். சிறு செயற்கைத் துளை ரேடார் என்று சொல்லலாம். 'மினிசார்' கருவி சாதாரண ரேடார் கருவி போலத்தான் என்றாலும், அதன் பிம்பங்கள் நிலாவை முப்பரிமாணத்தில் பதிவு செய்தது.

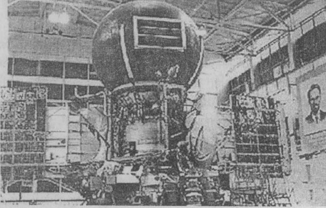
சந்திரனின் கனிம வளங்கள் பற்றி ஆராய்வதில், அமெரிக்காவின் 'எம்-3' **(Moon Mineralogy Mapper, MMM)** என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. அமெரிக்காவின் ஜே.பி.எல். என்னும் 'ஜெட் புரொப்பல்ஷன் லேபோரட்டரி' (தாரை உந்தும ஆய்வுச் சாலை)யும், பிரௌன் பல்கலைக் கழகமும் இணைந்து வடிவமைத்ததாகும் இது.

அவ்வாறே, பல்கேரியா அறிவியல் அகாதமியின் 'ரேடோம்' **(RADOM)** என்றொரு கருவியையும் சந்திரயான் சுமந்து சென்றது. 'ரேடியேஷன் டோஸ் மானிட்டர் எக்ஸ்பெரிமெண்ட்' **(Radiation Dose Monitor Experiment)** என்பது நிலாவின் கதிர்வீச்சு அளவுக் கண்காணிப்புக் கருவியாகும்.

2. வெள்ளிக்கோள்

சூரியனுக்கு இரண்டாம் இடத்தில் இயங்கிவரும் வெள்ளிக் கோளினை வெறுங்கண்ணால் காண முடியும். 1961-ஆம் ஆண்டு தொடங்கிய ரஷியாவின் வெனீரா **(Venera)**, சோண்ட் **(Zond)** மற்றும் வேகா **(VEGA)**, அமெரிக்காவின் மாரீனா **(Mariner)** மற்றும் பயனீர் **(Pioneer)** எனப் பல விண்கலங்களும் ஏறத்தாழ ஐம்பது ஆண்டுகளாகத் தொடர்ந்து ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டு வருகின்றன.

உள்ளபடியே 1974-75 ஆண்டுக் காலகட்டத்தில் அமெரிக்காவின் மாரினர் விண்கலம் வெள்ளிக்கோள் அருகே கடந்து பறந்தது. முதன்முதலாக சோவியத் ரஷியாவின் 'வெனிரா-9' எனும் விண்கலம் வெள்ளிக்கோளில் தரைஇறங்கி அங்கிருந்து பூமிக்கு தகவல் அனுப்பிச் சாதனை நிகழ்த்தியது. (படம் 25:3)



படம் 25.3: வெனிரா-9 விண்கலம்

1965-ஆம் ஆண்டுவாக்கில் அமெரிக்காவின் 'மாரினர் 4' விண்கலம் செவ்வாய்க் கிரகத்தை நெருங்கிப் பறந்தது. செவ்வாயின் தரையினை மிகத் துல்லியமாகப் படம்பிடித்து அனுப்பியது. அமெரிக்காவின் வாயேஜர் விண்ணூர்தி வியாழன், சனி, யுரானஸ் மற்றும் நெப்டியூன் ஆகிய விளிம்பு மண்டலக் கோள்களையும் கடந்து சென்றது.

1939 மே 4 அன்று அமெரிக்க அட்லான்டிஸ் விண்வெளி ஓடத்திலிருந்து பிரிந்து சென்ற 'மெகல்லன்' ஆய்வுக்கலம் 152 கோடி கிலோமீட்டர் தொலைவு பயணம் செய்து, ஆகஸ்டு 10 அன்று வெள்ளிக்கோளினைச் சென்று

அடைந்தது. அடுத்து 243 நாள்கள், அதுவும் ஏறத்தாழ வெள்ளியின் ஒரு வருடச் சலனத்தின்போது, அக்கோளினை நுணுகி ஆராய்ந்தது.

அட்டவணை 25 : 1 – வெள்ளிக் கோளாராய்ச்சி வரலாறு

02-12-1961	:	ரஷியாவின் ‘வெனீரா-1’ விண்கலம் வெள்ளிக்கோளுக்கு 99,000 கிலோமீட்டர்கள் அருகில் பறந்து சென்றது.
27-08-1962	:	அமெரிக்காவின் ‘மாரீனர்-2’ விண்கலம் 14-12-1962 அன்று அக்கோளின் புறவெப்பநிலையை (880 பாகை கெல்வின்) அளந்தது.
02-04-1964	:	ரஷிசியாவின் ‘சோண்ட் விண்கலம்’ வெள்ளிக்கோள் நோக்கிப் பறந்தது.
16-11-1965	:	‘வெனீரா-3’ விண்கலம் முதன்முறையாக 01-03-1966 வெள்ளித்தரையில் மோதி இறங்கியது.
18-10-1967	:	‘வெனீரா-4’ (12.06.1967) வெள்ளி வளிமண்டலம் குறித்து ஆராய்ந்தது.
16–05–1969	:	‘வெனீரா-5’ (05-01-1969) வெள்ளி வளிமண்டலத்தில் சிறிதளவு (3 விழுக்காடு நைடிரஜன்) நீங்கலாக கரியமில வாயு (96 விழுக்காடு) கலந்திருப்பதை உறுதி செய்தது.
15–12–1970	:	‘வெனீரா-7’(17-08-1970) முதன்முறையாக வெள்ளித்தரையில் சுமுகமாகத் தரையிறங்கியது.
03-11-1973	:	‘மாரீனர்-10’ புதன் கோளுக்குச் செல்லும் வழியில் வெள்ளியையும் படம்பிடித்தது.
25–10–1995	:	ரஷியாவின் ‘வெனீரா–10’ (14-06-1975)வெள்ளியில் தரையிறங்கி அங்கிருந்து 65 நிமிடநேரம் தகவல்கள் அனுப்பியது.
04-12-1978	:	அமெரிக்காவின் ‘பயனீர்-வெள்ளி–1’ (20–05–1978) விண்கலம் வெளிப்பரப்பில் பிளவுப் பள்ளத்தாக்குகளைப் பதிவு செய்தது.
30-10-1981	:	‘வெனீரா-13’ வெள்ளியில் இறங்கி 03-03-1982 அன்று முதன்முறையாக அந்தக் கிரகத்தினை வண்ணப் படம்பிடித்தது.
15-12-1984	:	ரஷியா அனுப்பிய ‘வேகா-1’ விண்கலம் வெள்ளி மற்றும் ஹேலி வால் விண்மீன் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டது.

21-12-1984 : 'வேகா-2' விண்கலமும் முந்திய விண்கலம் போலவே செயலாற்றியது.

3. செவ்வாய்

அமெரிக்காவின் 'வைக்கிங்-1','வைக்கிங்-2' ஆகிய விண்கலன்கள் 1976-ஆம் ஆண்டு முறையே ஜூலை 20 செப்டம்பர் 3 ஆகிய நாட்களில் செவ்வாய்க்கோளில் சென்று இறங்கின. அக் கோளின் வட பாதிக் கோளத்தில் வளிமண்டலத்தை ஆராய்ந்தன. செவ்வாய் முழுப்பரப்பையும் துல்லியமாகப் படம்பிடித்த முதல் விண்கலன்கள் இவை. செவ்வாய் கோளில் உயிரினங்கள் உண்டா என்றும் ஆராய்ந்தது. (படம் 25:4)



படம் 25.4: செவ்வாய்த் தரையில் 'வைக்கிங்' விண்கலம்

பின்னர் 1996 டிசம்பர் 4 அன்று கிளம்பிய 'மார்ஸ் பாத்ஃபைண்டர்' **(Mars Pathfinder)** எனும் செவ்வாய் பாதை தேடி கலன் 1997 ஜூலை 4 அன்று செவ்வாயில் 'ஏரிஸ் பள்ளம்' எனும் செவ்வாய்க் குழிவில் இறங்கிற்று. பின்னர் அது, தான் சுமந்து சென்ற 'சோஜோனர்' **(Sojouner)** எனும் ஆறு சக்கர வண்டி மூலம் செவ்வாய் மண்ணை அளைந்து ஆராய்ந்தது. அதற்கென 'ஏ.பி.எக்ஸ்.எஸ்' எனப்படும் 'ஆல்ஃபா–புரோட்டான் எக்ஸ்கதிர் அலைமாலை யளவி' **(Alpha Proton X-ray Spectrameter)** உதவிற்று.

அப்பரிசோதனைகளின்போது, பூமியின் கடற்படுகை மற்றும் சந்திரத் தரைகளில் உள்ளது போன்ற பசால்ட் ரகப் பாறைகள் செவ்வாயில் மிகுதி என்றும், தென்அமெரிக்க மேலைக் கடலோரம் 'அண்டிஸ்' **(Andes)** பிரதேசத்தில் உறைந்த எரிமலைக் குழம்பு போன்று 60 சதவீதம் சிலிக்கா அடங்கிய கற்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இதனை 'பர்னாகிள் பில்' **(Barnacle Bill)** என நாசா விஞ்ஞானிகள் சுட்டுகின்றனர். சமீப காலத்தில் செவ்வாய்

புவி இயற்பியல் மற்றும் புவி வேதியியல் ரீதியாகவும் வெகு துடிப்பாக இருந்திருக்க வேண்டும்.

அன்றியும், சோஜோர்ன் வழித் தடத்தில் கூழாங்கற்கள் தட்டுப்பட்டன. அப்படியானால் செவ்வாய்த் தரையில் முன்னொரு காலத்தில் ஆறுகள் பாய்ந்தோடியிருக்க வாய்ப்பு உள்ளது.

எப்படியோ, நான்காவதாக, அமெரிக்காவின் 'ஸ்பிரிட்' **(Spirit),** 'ஆப்பர்ச்சூனிட்டி' **(Opportunity)** ஆகிய இரண்டு கலன்களும் 2004 ஜனவரி மாதவாக்கில் செவ்வாய் சென்று அடைந்தன. அங்கு 19 கிலோமீட்டர்கள் தொலைவு வரை உலவின. அப்போதுதான் செவ்வாயில் எரிமலைக் குழம்புப் படிவங்கள் இருப்பதும் கண்டறியப்பட்டது.

அதைக் காட்டிலும் ஆச்சரியம் நீல இலந்தைப் பழங்கள் மாதிரி உருண்டையான 'ஹேமெடைட்' **(haemetite)** இரும்புத் தாதுப் படிவுகள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டன.

இதற்கு மத்தியில் முதன்முறையாகச் செவ்வாய்க்கோளின் துருவப் பகுதியில் இறங்குவதற்கு அனுப்பப்பட்ட 'செவ்வாய்த் துருவத் தரையிறங்கி' **(Mars Polar Lander)** 1999 டிசம்பர் 3 அன்று செவ்வாயில் சுமுகமாக இறங்க முடியாமல் மோதி விழுந்தது.

கணக்குப்படி செவ்வாய் ஆராய்ச்சியில் வெற்றிகரமாக ஈடுபட்ட ஆறாவது விண்கலம் 'ஃபீனிக்ஸ்' **(Phoenix)**ஆகும். இச் செவ்வாய்த் தரையிறங்கிக் கலம் 2008 மே 25 அன்று அங்கு சென்று சேர்ந்தது. அதன் ஆரம்பக் கட்ட ஆய்வுகள் மெல்ல மெல்ல இப்போதுதான் வெளிவரத் தொடங்கியுள்ளன.

இதில் இடம்பெற்ற 'மெக்கா' **(MECA)** எனப்படும் 'நுண்ணோக்கி, மின்வேதியியல் மற்றும் மின்கடத்துப் பகுப்பாய்வி' **(Microscopy, Electrochemistry and Conductivity Analyser)** ஒரு விரல் கனத்தில் மண்ணைத் தோண்டி ஆராய்ந்தது. அங்குள்ள பெர்க்குளோரேட்டுப் படிமத்தால் "செவ்வாய்த் தரைமட்டத்தில் கொஞ்சம் ஈரப்பதம் இருப்பதால் அதன் நில வரலாற்று அடிப்படையில் சிறிது காலத்திற்கு முன்னால் அங்கு திரவ நிலையில் நீர் தேங்கி இருந்திருக்க வேண்டும் என்று கருத இடமிருக்கிறது" என்கிறார் பௌல்தர் **(Boulder)** நகரிலுள்ள கொலோராடோ பல்கலைக் கழகத்தின் பேராசிரியர் புரூஸ் ஜேக்கோஸ்கி **(Bruce Jakosky)** என்னும் கோளாய்வியல் அறிஞர்.

செவ்வாய் நிலத்தில் மண் அள்ளி, அதனைத் தான் சுமந்து சென்ற நுண்ணலை அடுப்பில் சுடவைத்து ஆராய்ச்சி செய்தது. ஆனால் அங்குள்ள மண் கொஞ்சம் பசைத் தன்மையும், பனித் தன்மையும் கொண்டு இருந்ததாகத் தெரிய வந்துள்ளது.

இப்போது அதனினும் புதியதொரு தகவல் அறியப் பெறுகின்றது. செவ்வாய் மண்ணில் பெர்க்குளோரேட்டு என்னும் உப்புப் பொருள் அடங்கி இருக்கிறதாம். உண்மையில் இத்தகைய பெர்க்குளோரேட்டுகள் ஆக்சிஜன் அதிகம் கொண்டவை; தனது எடையில் கிட்டத்தட்ட 34 சதவீதம் ஆக்சிஜனை எரிக்கும் பொருளாக வெளிப்படுத்தக் கூடியது. இன்று நவீன வேதியியல் ராக்கெட்டுகளின் எரிபொருளில் இத்தகைய இன வேதியியற் பொருள்கள் இடம்பெறுகின்றன என்பது ஒரு துணுக்குச் செய்தி.

செவ்வாய் வானிலை ஆராய்ச்சிக்கு இந்தப் பெர்குக்குளோரேட்டு கைகொடுக்கும் என்று விஞ்ஞானிகள் நம்புகின்றனர். அங்கு முன்னொரு காலத்தில் நீர் வளிமண்டலத்துடன் வேதியியல் வினை புரிந்து இருக்கலாம் என்பது ஒரு யூகம்.

எதிர்காலத்தில் மனிதன் செவ்வாய்க் கோளில் குடிபுக ஏற்பாடுகள் நடைபெற்று வருகின்றன. இப்போது நாசா அறிவிப்பு ஆச்சரியம் ஊட்டுகிறது. அங்கு மீத்தேன் என்கிற சாணவாயு உற்பத்தி செய்யக்கூடிய கனிமங்கள் உள்ளதாகத் தெரிகிறது. அமெரிக்காவின் கொட்டார்டு விண்வெளிப் பயண மையத்தில் மைக்கேல் ஜே. மும்மா **(Michael J. Mumma)** தலைமையிலான ஆய்வுக் குழுவினர் கண்டுபிடிப்பு இது. செவ்வாயில் மீத்தேன் வாயு வளிமண்டலத்தில் கலப்பதாகக் குறிப்பிடப்பெறுகிறது. நாசாவின் 'அகச்சிகப்புத் தொலைகாட்டி வசதி' **(Infrared Telescope Facility)** எனும் விண்கலமும், ஹவாய்த் தீவில் மௌனா கீ மலையில் இயங்கி வரும் கெக் தொலைநோக்கியும் இதனை உறுதிப்படுத்தியுள்ளன.

அதுவும் குழாய்க் கசிவு ஏறத்தாழ 19,000 டன்கள் என்பது குறிப்பிடத் தக்கது. பூமியின் வளிமண்டலத்தில் காணப்படும் மீத்தேன் வாயுவில் ஏறத்தாழ 90 சதவீதம் இங்கு உயிரினங்களில் இருந்து வெளிப்படுகின்றனவாம். பொதுவாக, உயிரினங்கள் உட்கொண்டு வெளிப்படுத்தும் கழிவு வாயுவில் மீத்தேன் அதிகம் என்பதுதான் உண்மை. அது தவிர, நுண்ணுயிரிகள் ஹைடிரஜன் மற்றும் கரியமில வாயுவில் இருந்து மீத்தேன் வாயுவை உமிழ் கின்றன. அன்றியும், இருந்து ஆக்சிகரணம் அடையும்போதும் மீத்தேன் வெளிப்படும்.

செவ்வாயில் செர்ப்பென்டைன் எனும் கனிமத்தில் இருந்து மீத்தேன் உமிழப்படுவதாக பெத்தானி ஏஹேல்மான் **(Bethany Ehlmann)** அறிவித்தார். இவர் ரோடித் தீவில் பிராவிடன்ஸ் மாகாணத்தில் பிரௌன் பல்கலைக் கழகத்தின் பேராசிரியர் ஆவார். செவ்வாய்க் கண்காணிப்பு விண்சுற்றி **(Mars Reconnaissance Orbiter)** எனும் விண்கலம் மூலம் கண்டறிந்த தகவலாகும் இது.

அட்டவணை 25 : 2 – செவ்வாய் வரலாற்றில் மைல்கற்கள்

01-11-1962 : 'ரஷிய மார்ஸ்-1' விண்கலம் செவ்வாய்க்கோள் நோக்கிச் செலுத்தப்பட்டது.

05-11-1964 : 'மாரீனர்-3' விண்ணூர்தி மூலம் முதலாவது அமெரிக்கச் செவ்வாய்ப் பயணம் தகவல் தொடர்பு இழப்பினால் தோல்வி.

30-11-1964 : 'சோண்ட்-2' எனும் ரஷிய விண்திட்டம் தோல்வி.

14-07-1965 : 'மாரீனர்-4' (28-11-1964) செவ்வாய் அருகே பறந்தது.

31-07-1969 : 'மாரீனர்-6' (25-02-1969) செவ்வாய் நிலநடுக்கோட்டின் மேல் பறந்து 75 தொலைக்காட்சிப் படங்கள் எடுத்தனுப்பியது.

05-08-1969 : 'மாரீனர்-7' (27-03-1969) செவ்வாய் தென்கோளத்தினை 127 தொலைக்காட்சிப் படங்களை எடுத்தனுப்பியது.

27-11-1971 : மார்ஸ்-2 எனும் ரஷிய விண்கலம் (19-05-1971) முதன்முறையாகச் செவ்வாய்த் தரையைத் தொட்டது.

02-12-1971 : 'மார்ஸ்-3' (28-05-1971) விண்ணூர்தி செவ்வாயில் 'எலக்டி ரிஸ்' **(Electris)**, 'ஃபோதோன்டிஸ்' **(Phoethontis)** ஆகிய பிரதேசங்களுக்குஇடையே சென்று இறங்கியது.

20-07-1976 : 'வைக்கிங்-1' (20-08-1975) செவ்வாயின் 'தங்கச் சமவெளி' **(Golden plains)** எனுமிடத்தில் தரை இறங்கியது.

03-09-1976 : 'வைக்கிங்-2' (09-09-1975) செவ்வாயில் 'கற்பனைச் சமவெளி'யில் **(Imaginary plains)** இறங்கியது.

07-07-1988 : அன்று செலுத்தப்பட்ட ரஷியாவின் 'ஃபோபோஸ்-1' திட்டம் தோல்வி.

12-07-1988 : அன்று புறப்பட்ட இரண்டாவது 'ஃபோபோஸ்' தோல்வி.

25-09-1992 : அன்று கிளம்பிய 'மார்ஸ் அப்சர்வர்' திட்டம் முழுமை பெற வில்லை.

04-07-1997 : 'பாத் ஃபைண்டர்' (4-12-1996) செவ்வாய் சென்றடைந்ததும், 83 நாள்கள் ஆய்வு நடத்திய 'சோஜோர்னர்' 27-09-1997 அன்று செயலிழந்தது.

16-09-1997 : 'மார்ஸ் குளோபல் சர்வேயர்' (**Mars Global Surveyor**) எனும் அமெரிக்க விண்கலம் செவ்வாய் வளிமண்டலத்தில் மிதந்த வாறே அதனைச் சுற்றிப் படம்பிடிக்கத் தொடங்கியது.

03-07-1998 : செவ்வாய் நோக்கி ஜப்பானிய விண்கலம்–நோஸோமி ('பிளானெட்-பி' எனவும் சுட்டப்பெறுகிறது.)

4. குறுங்கோள்கள்

நமது சூரிய மண்டலத்தில், செவ்வாய்க்கோளுக்கும் வியாழன் கோளுக்கும் இடையே எண்ணற்ற கற்கோளங்கள் திரளாகச் சுற்றி வருகின்றன.

இத்தகைய குறுங்கோள்கள் இயங்குகிற படலம் (**Asteroid Belt**) சூரிய மண்டலத்திற்கே 'கோள வளையம்' போன்றதாகும். தூசியும் துகளும் வளிமங் களுமாகச் சிதறின மேகக் குழுக்கள் உருண்டு திரண்டு குளிர்ந்து இறுகி கோள்களும், துணைக் கோள்களும் முகிழ்த்தன.

இவை தவிர சுமார் 1 கிலோமீட்டர் குறுக்களவிற்கும் சிறிதான பருப் பொருள்கள் பத்தாயிரத்துக்கும் அதிகமானவை நமது சூரிய மண்டலத்தில் ஆங்காங்கே வெவ்வேறு சுற்றுப் பாதைகளில் ஓடிக்கொண்டு இருக்கின்றன. பனி உறையும் வால் விண்மீன்கள் முதல் வெந்து அவிந்து அடங்கிய குறுங் கோள்கள் வரை நம் ஆய்விற்கு வராத பல பருப்பொருள்கள் இன்றைக்கும் சூரிய மண்டலத்தைச் சார்ந்து இயங்கியவண்ணம் இருக்கின்றன.

இவற்றுள் குறுங்கோள் வீதியில் விரைந்து செல்லும் கோளங்கள், கற்பாறைகள் குறித்து ஓரளவே நேரடி உண்மைகள் சேகரித்து வைத்துள்ளோம்.

இக்குறுங்கோள்கள் ஒன்பது வகைப்படும். செவ்வாயின் சந்திரனான டெய்மோஸ் (**Deimos**) மாதிரி சிலிக்கேட்டுகளும், கார்பனும் கலந்த கரும் பாறைக் குறுங்கோளினை 'சி' (**C**) என்ற ஆங்கில எழுத்தினால் குறிப்பிடுவர். கார்பன் (**Carbon**) எனப்படும் ஆங்கிலச் சொல்லின் முதல் எழுத்து இதன் குறியீடு.

இரும்பு கலந்த கற்களை 'எஸ்' **(S)** அதாவது, ஸ்டோன் **(stone)** என்பதன் முதல் எழுத்தினால் சுட்டுகிறோம். அவ்வாறே நிக்கல்–இரும்பு உலோகம் **(Metal)** செறிந்தது 'எம்' **(M)** வகை. என்ஸ்டாடைட் **(Enstatite)** எனும் வெண்மணல் பரந்த பிரகாசமான குறுங்கோளை 'இ' **(E)** என்றும், சிவப்பு நிற இரும்பு ஆக்சைடு **(Red Oxide)** கலந்த செங்குறுங்கோளை 'ஆர்' **(R)** என்றும், கலவைப் பொருள் அறியப்படாத **(unknown)** குறுங்கோள் வகை 'யு' **(U)** என்றும், பூமிக்கும் வெள்ளிக் கோளினுக்கும் இடையே சுற்றுப்பாதை கொண்டுள்ள குட்டிக் கோள்களை 'ஏடென்' **(Aten)** என்றும், செவ்வாய்க்கும் பூமிக்கும் இடையே ஓடும் குறுங்கோள்களை 'அப்போலோ' **(Apollo)** வகை என்றும், முழுக்க முழுக்க பூமிக்கும் செவ்வாய்க்கும் இடைப்பட்ட வெளியிலேயே இயங்குகின்றவற்றை 'அமோர்' **(Amor)** என்றும் வழங்குகிறோம்.

பூமி அருகே புலப்படும் குறுங்கோள்களின் இயல்புகள், வேதியியற் சேர்மங்கள், இயக்க முறைகள் குறித்தெல்லாம் ஒருவாறு அறிந்து வைத்துள்ள நாம் இன்று செவ்வாய்க்கும், வியாழன் கோளுக்கும் இடையே சுற்றி விரையும் குட்டிப் பாறைகள் பற்றி ஆராய முற்பட்டுள்ளோம்.

1989-ஆம் ஆண்டு அமெரிக்காவும், ஐரோப்பாவும் இணைந்து 'கலீலியோ' என்னும் விண்கலத்தை வியாழன் கிரகத்திற்குச் செலுத்தின. இது செல்லும் வழியில் 951 காஸ்ப்ரா **(951 Gaspra)**, 243 இடா **(243 Ida)** ஆகிய இரண்டு குறுங்கோள்களையும் சந்தித்தது.

'இடா' எனும் குறுங்கோளின் 'டக்டைல்' **(Doctyl)** எனும் குட்டிச் சந்திரன் சுற்றி வருவதும் இன்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

இது தவிர, 1995-ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனமும், ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனமும் சேர்ந்து 'கிராஃப்' **(CRAF)** என்னும் திட்டத்தைச் செயல்படுத்தியது. வால்விண்மீன் சந்திப்பு, குறுங்கோள் அருகே பறத்தல் **(Comet Rendezvous Asteroid Flyby)** என்பதே இதன் நோக்கம். காஃப் **(Kopff)** என்கிற வால்விண்மீனைச் சந்திக்கவும், 449 ஹாம்பர்கா **(449 Hamburga)** எனும் குறுங்கோளின் பக்கமாகப் பறந்து செல்லவும் இதுவரை பெயரிடப்படாத விண்கலம் ஒன்றும் தயாராகி வருகின்றது.

இம் முயற்சியினைத் தொடர்ந்து ஐரோப்பிய, பிரெஞ்சு, சோவியத் விண்வெளி முகமைகள் கூடி இரண்டு விண்ணூர்திகள் உதவியால் ஐந்தாண்டுக் காலத்தில் குறைந்தது எட்டுக் குறுங்கோள்களையேனும் தொட்டுப் பார்த்து விடுவதெனத் தீர்மானித்துள்ளன.

இத்தனை பாடுபட்டு அக்குறுங்கோள்களில் தேட என்ன இருக்கிறது?

எதிர்காலத்தில் விண்வெளியில் நிறுவப்படவிருக்கும் குடியிருப்புகள், தொழிற்சாலை வசதிகளுக்குப் போதிய கனிமங்கள் குறுங்கோள்களில் கணிசமாகச் செறிந்துள்ளன.

1989-ஆம் அண்டு தொடக்கத்தில் அமெரிக்காவில் உட்டா பல்கலைக் கழகத்தில் டாக்டர் ஸ்டான்லி, டாக்டர் மார்டின் ஃபிளைஷ்மான் ஆகிய பேராசிரியர்கள் இருவரும் அறை வெப்ப நிலையில் அணுக்கருப் பிணைவு **(Cold fusion)** நிகழ்த்திக் காட்டிய முயற்சியினை யாரும் மறந்திருக்க முடியாது.

இப்பரிசோதனையின் முக்கிய மூலப்பொருள் பல்லேடியம் என்னும் கன உலோகம் ஆகும். இதன்மூலம் 1 கிலோவாட் திறன் பெறமுடியும். விலை ஒரு கிலோ 4500 அமெரிக்க டாலர்கள். இச்செலவை பத்திலோர் பங்காகச் சுருக்கிச் சிக்கனப்படுத்தினால் மலிவான விலைக்கு மகத்தான மின்சாரம் பெறவாய்ப்பமையும்.

இப்பல்லேடியம், குறுங்கோளின் ஒரு கிலோகிராம் பாறையில் 10 அல்லது 20 மில்லிகிராம் வரை அடங்கியுள்ளது. இதனுடன் கலந்திருக்கும் நிக்கல், இரும்பு போன்ற உலோகங்களை, கார்பன் மோனாக்சைடு வளிமத்துடன் வேதியியல்வினை புரியச் செய்து, நிக்கல் இரும்பு உலோகக் கார்போனில் **(Carbonyl)** இனச் சேர்மங்களாக மாற்றிடலாம். அவை ஆவியாகிப் பிரியும். எஞ்சியுள்ள பாறையில் 20 சதவீதம் பல்லேடியம் தேங்கி இருக்கிறது. இதிலிருந்து தங்கம், பிளாட்டினம் போன்ற விலை மதிப்புள்ள எஞ்சிய உலோகங்களையும் பிரித்தெடுக்கலாம்.

இதன் வழி, குளிர்நிலை அணுக்கருப் பிணைவு நடத்தப் போதிய பல்லேடியம் கிடைக்கும். இல்லையென்றாலும்கூட தங்கம் முதலான விலை உயர்ந்த உலோகங்கள் கிடைத்தாலும் அடையும் பயன் மிகவாகும்.

விண்சுற்றுத் தொழிற்கூடங்களிலேயே இவற்றைத் தயாரித்தால் ஆண்டு தோறும் 250 லட்சம் டன் இரும்பு நிக்கலும், 250 டன் பல்லேடியமும் உற்பத்தி செய்யலாம். அவற்றைப் பூமிக்குக் கொண்டு வந்து மலிவாக விற்கலாம். கணிசமான திறன் உற்பத்திக்குரிய கச்சாப் பொருள்கள் இங்கே சகாய விலையில் கிடைக்கத் தொடங்கிவிட்டால் கேட்கவா வேண்டும்? உலகின் ஆற்றல் தட்டுப்பாட்டைத் தீர்க்க இது ஒரு எளிய வழி.

குறுங்கோளில் சுரங்கம் தோண்டும் இந்தக் கருதுகோளினை எச். கெய்த் ஹென்சன் **(H. Keith Henson)** என்னும் விஞ்ஞானி வெளியிட்டுள்ளார். **(AD ASTRA**, நவம்பர் 1989).

இதற்கிடையில் குறுங்கோளினையே பூமிக்கு இழுத்துக் கொண்டுவந்து அதன் இயற்கை வளங்களை உறிஞ்சி எடுக்கும் செயல்பாட்டுச் சிந்தனைக்கு அமெரிக்க 'தேசிய விண்வெளிச் சங்கம்' **(National Space Society)** நடத்திய 'விண்வெளி வாழ்வாங்கு முறை வடிவமைப்புப் போட்டியில்' **(Space Habitat Design Competition)** முதல் பரிசு கிடைத்தும் இருக்கிறது.

ராவுல் ரோசாஸ் **(Raul Rosas)**, விங் கின்லீ **(Wing Kin Lee)**, ஜான் ஓ. கென்னல் **(John O Connelt)** ஆகியோர் அடங்கிய அறிஞர் குழு ஒன்றின் உதவியுடன் நியூயார்க் நகர்வாசியான கிளாடியா வேலிஸ் **(Claudia Veliz)** என்னும் ஒரு கட்டடக் கலை நிபுணர் தீட்டிய சிந்தனைத் திட்டம் அது; முயற்சிகள் தொடர்கின்றன.

2001 பிப்ரவரி 12 அன்று அமெரிக்கா செலுத்திய 'நியர்-ஷூமேக்கர்' **(Near Earth Astroid Rendezvous-Shoemaker probe)** விண்கலம் '433 இரோஸ்' என்னும் குறுங்கோளில் சென்று தரை இறங்கியது ஒரு குறுங்கோளில் சென்று தரை இறங்கிய முதல் விண்கலம் இதுவேயாகும்.

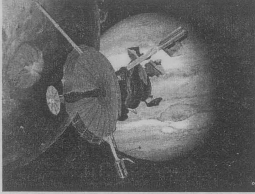
குறுங்கோளில் இருந்து மண் அள்ளி வரவிருந்த முதல் விண்கலம் 'மியுஸ்-சி **(MUSE-C)**. ஜப்பானிய விண்வெளி மற்றும் விண்பயண அறிவியல் நிறுவனத்தின் **(Institute of Space and Astronautical Science)** வடிவமைப்பு இது. 'மியு ஸ்பேஸ் எஞ்சினீரிங் சாட்டிலைட்' **(Mu Space Engineering Satellite)** என்றால் 'மியு விண்வெளிப் பொறியியல் செயற்கைக்கோள்' எனப் பொருள்படும். இதன் பெயர்ச் சுருக்கமே 'மியுஸ்'. அந்தத் திட்ட வரிசையில் மூன்றாவது விண்கலம் 'மியஸ்-சி'. 2003 மே மாதம் செலுத்தப் பெற்றது. புவிசுற்றும் சோதனைக் கூடு ஒன்று ஏவுகலத்தில் இருந்து விடுபடாததால் முயற்சி தோல்வி அடைந்தது.

5. வியாழன்

ஏறத்தாழ இருபது ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் 1989 அக்டோபர் 18 அன்று வியாழன்கோள் நோக்கிக் கிளம்பிச் சென்ற 'கலீலியோ' **(Galileo)** என்ற அமெரிக்க விண்கலம் (படம் 25:5) இப்போது வியாழனை அணுகிச் சேகரித்து அனுப்பியுள்ள ஆய்வுத் தகவல்கள் வானவியலில் குறிப்பிடத் தக்கவையாகும்.

இவ்விண்கலம் நேரடியாக வியாழனைச் சென்று அடையவில்லை. 1990 பிப்ரவரி 10 வாக்கில் வெள்ளிக் கோள் அருகே 16,123 கிலோமீட்டர் தொலைவிலும், டிசம்பர் 8 அன்று ஒரு முறை பூமியையும் சுற்றியது அவ் விண்கலம். அவற்றின் நிறையீர்ப்பு விசைச் சொடுக்கினால் சுண்டி இழுக்கப்

பட்டு 'தினைப்புனத்தில் ஏலோலம் வீசும் கவண் கல் மாதிரி' வியாழன் நோக்கி முடுக்கிவிடப்பட்டது. இந்தத் தொழில்நுட்பம் 'நிறையீர்ப்பு உதவி முடுக்கம்' **(gravity assist acceleration)** எனவும் குறிக்கப்படுகிறது.



படம் 25:5: 'கலீலியோ' விண்கலம்

வழியில் 1991 அக்டோபர் 29 அன்று 'குறுங்கோள் வீதி' **(Asteroid belt)**யில் 'காஸ்ப்ரா' **(Gaspra)** எனும் குட்டிக்கோளினைப் பத்திரமாகக் கடந்தது.

மீண்டும் 1992 டிசம்பர் 8 அன்று, பூமியின் நிறையீர்ப்பு வீச்சுக்கு ஆட்பட்டு நொடிக்கு 39 கிலோமீட்டர் உச்ச வேக கதியில் முறுக்கேறி விரைந்தது.

புவிஆரத்தைப்போல் 60 மடங்குத் தொலைவினுள் நம் சந்திரன் இயங்கி வருகிறது. ஆயின், வியாழனைப் பொறுத்தமட்டில் வியாழ ஆரத்தைப் போல் 300 மடங்கு தொலைவுகளுள் நான்கு முக்கிய 'கலீலியோ சந்திரன்கள்' சுற்றி வருகின்றன.

வியாழனுக்கு மொத்தம் 64 சந்திரன்கள் அவற்றுள் வியாழனில் இருந்து 18,83,000 கிலோமீட்டர் தொலைவில் உள்ளது காலிஸ்டோ. 450 கோடி ஆண்டு தொன்மை உடையது. 1996 நவம்பர் 4 அன்று காலிஸ்டோவை 1118 கிலோ மீட்டர்கள் அருகிருந்து ஆராய்ந்த 'கலீலியோ' விண்கலம் அந்தச் சந்திரனுள் 60 சதவீதம் இரும்பும், இரும்பு சல்ஃபைடுகளும் கலந்திருப்பதாகவும், எஞ்சிய 40 சதவீதம் பனிக்கட்டி தான் என்றும் தெரிவித்துள்ளது.

அடுத்தது வியாழனிலிருந்து 10,70,000 கிலோமீட்டர்கள் தூரத்தில் உள்ளது கனிமேடி. சூரியக் குடும்பத்தில் 5216 கிலோமீட்டர் குறுக்களவுடன் கூடிய மிகப் பெரிய சந்திரன். இதில் பாதியளவு நீர் தானாம். பனிக்கட்டியுடன் சிலிக்கேட்டுப்பாறைகள் அடர்ந்த உலகம் இந்தக் கனிமேடி சந்திரன். இதன்

வயது முன்னூறு கோடி ஆண்டுகள். அதிசயமான இத் துணைக்கோளிற்குத் தனிக் காந்த மண்டலமும் உள்ளதாம். 1996 செப்டம்பர் 6 அன்று கலீலியோ விண்கலம் இச் சந்திரனுக்கு 262 கிலோமீட்டர் அருகில் சென்று ஆராய்ந்தது.

அவ்வாறே 1996 டிசம்பர் 19 அன்று மூன்றாவதான யூரோப்பா எனும் சந்திரனை 698 கிலோமீட்டர் அருகில் ஆராய்ந்தது கலீலியோ. வியாழனில் இருந்து 6,70,900 கிலோமீட்டர்கள் தொலைவிலுள்ள சந்திரன். இதன் குறுக்களவு 3130 கிலோமீட்டர். அந்தச் சந்திரனில் ஏறத்தாழ ஒரு கிலோ மீட்டர் தடிமன் பனிக்கட்டிப் பாளங்கள் இருப்பது கண்டு அறிவிக்கப் பட்டு உள்ளது. பூமிக்கு அடுத்தபடி இச் சந்திரனில்தான் சமீப காலத்தில் தண்ணீர் சமுத்திரம் தரையடி நீரோட்டமாக அலைமோதுகிறது என்று நாசா விஞ்ஞானி டாரன்ஸ் ஜான்சன் (**Torrence Johnson**) உறுதி கூறுகிறார்.

'இயோ' எனும் சந்திரன் வியாழனில் இருந்து 4,21,600 கிலோமீட்டர் தொலைவில் உள்ளது. "ஐயோ" (Io) என்றும் உச்சரிக்கலாம். இந்தச் சந்திரனைக் கண்டாலே 'அய்யோ' என்று அலறத் தோன்றும். அங்கு அகோர எரிமலைகள், இந்தப் பிரபஞ்சத்தில் சூரியக் குடும்பம் தோன்றிய காலந்தொட்டுத் தொடர்ந்து கந்தகக் கனல் குழம்பினைச் சீற்றத்துடன் பீய்ச்சிக் குமுறிக் கொண்டு இருக்கின்றன. இத்தகைய 81 எரிமலைகள் அங்கு உள்ளன என்று பல்வேறு ஆய்வுகள் அறிவிக்கின்றன.

6. சனி

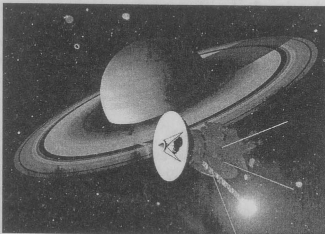
1980-81-ஆம் ஆண்டுகளில் அமெரிக்காவின் இரண்டு வாயேஜர் விண்கலங்கள் சனியை நெருங்கிப் படம்பிடித்து அனுப்பின. சனிக் கோளின் 62 சந்திரன்களில் 1655-ஆம் ஆண்டு முதன்முதலாகக் கண்டு அறிவிக்கப்பட்ட துணைக்கோள் டைட்டன். சூரியக் குடும்பத்திலேயே வியாழனின் கனிமேடி என்ற சந்திரனுக்கு அடுத்தபடியாக மிகப் பெரிய சந்திரன் ஆகும் இது. 5150 கிலோ மீட்டர் குறுக்களவு உடையதாகும். இதனைக் கண்டுபிடித்தவர் கிறிஸ்டியன் ஹியுஜன்ஸ் (**Chrystian Huygens**) எனும் டச்சு வானவியலர் ஆவார்.

சனியின் காந்த மண்டல விளிம்பில் 20.4 சனி ஆர அளவுகள் (அதாவது 12,22,000 கிலோமீட்டர்கள்) தொலைவில் சுற்றிக்கொண்டிருக்கிறது இந்த சந்திரன் டைட்டன்.

அங்கு சுமார் 400 கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் பூமியில் நிலவிய வளிமண்டல இயல்புகளும், வாழ்வியல் சூழலும் அமைந்து இருக்கிறதாம். அது அறிவியலர் ஆர்வத்தைத் தூண்டுவிப்பதில் ஆச்சரியம் இல்லை.

மீத்தேன், ஹைடிரஜன் சயனைடு, கார்பன் மோனாக்சைடு போன்ற வளிமங்கள் தென்படுவதால் அங்கு உயிரினத் தோற்றத்திற்கு உகந்த ஆர்.என். ஏ., டி.என்.ஏ. போன்ற மரபியல் உயிரணுக்கள் உருவாக்கக் கூடும் அல்லவா?

சமீபத்தில் அமெரிக்க 'நாசா' விண்வெளி நிறுவனமும் ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகமும் இணைந்து 'காசினி ஹியுஜன்ஸ்' எனும் கூட்டு விண்கலத் திட்டத்தினை நிறைவேற்றியது. அதில் இடம்பெறும் ஹியுஜன்ஸ் எனும் அமெரிக்க விண்கூடு 2004 ஏப்ரல் 16 அன்று சனியை 157 கிலோ மீட்டர் அருகில் நெருங்கிற்று. டிசம்பர் 25 அன்று காசினி விண்கலத்தில் இருந்து ஹியுஜன்ஸ் பிரிந்து சனிக்கோளின் சந்திரனான டைட்டன் நோக்கி மூன்று வாரப் பயணம் மேற்கொண்டது. 2005 ஜனவரி 14 அன்று ஹியுஜன்ஸ் கூடு மணிக்கு 22,500 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் டைட்டன் வளிமண்டலத்தில் மோதி அங்கு தரையிறங்கி ஆராய்ந்தது. அங்கு ஹைடிரோ—கார்பன் கடல்கள் அலைமோதுகின்றனவாம். (படம் 25:6)



படம் 25.6: சனியினை ஆராய்ந்த காசினி ஹியுஜன்ஸ் திட்டம்'

சனிக்கோளுக்கு மட்டுமன்றி, அதன் அயப்பீட்டஸ் என்கிற சந்திரனுக்கும் வளையங்கள் உண்டு என்பது ஆச்சரியப்பட வைக்கும் கண்டுபிடிப்பாகும். 20 கிலோமீட்டர் உயரத்திற்கு அந்தச் சந்திர நடுக்கோட்டுப் பகுதியில் நீண்ட தொடர்மலைத் தோற்றம் பதிவாக்கப்பட்டது. சனியிலிருந்து 35 இலட்சம் கிலோ மீட்டர் தொலைவில் இயங்கி வரும் இந்த அயப்பீட்டஸின் சுழல்வேகம் திடீரென்று குறைந்திருக்கவும் வாய்ப்பு உண்டு; அதன் காரணமாக இத்தகைய புடைப்பு அங்கு வரப்பாக உயர்ந்து எழ வாய்ப்பு என்று அறிஞர்கள் கருது கின்றனர்.

சனி நோக்கி பறந்து சென்றுள்ள ஐரோப்பாவின் காசினி விண்கலம் 2007 செப்டம்பர் மாதவாக்கில் அச்சந்திரனை 1000 கிலோமீட்டர் அருகில் நெருங்கியபோது, அயப்பீட்டஸ் நடுக்கோட்டு மலைப் பகுதியைப் படம்பிடித்து அனுப்பியது.

7. வால்விண்மீன்கள்

வெறும் வாயுக்களாலான பனிப்பந்துகளும் சூரியனைச் சுற்றி வருகின்றன. அவை வால்நட்சத்திரங்கள் அல்லது தூமகேதுக்கள். ஏறத்தாழ 63,000 வானவியல் அலகுத் தொலைவில் இருந்து வந்து செல்பவை இலட்சக் கணக்கான வால்விண்மீன்கள். பொதுவாகவே, 10,000 முதல் 1,00,000 வானவியல் அலகுத் தொலைவுகள் வரை வால்விண்மீன்கள் சரணாலயம் எனலாம். ஜான் ஹெண்ரிட்ச் ஊர்ட் என்னும் டச்சு வானவியலர் இத்தகைய உண்மையைக் கணித்துரைத்தார். அதனாலேயே இந்த வால்விண்மீன்கள் சுற்றுவளையம் 'ஊர்ட் முகில் மண்டலம்' **(Oort Cloud)** என்று அழைக்கப்படுகின்றது.

ஐரோப்பாவின் கியோட்டோ விண்கலம் 1986-ஆம் ஆண்டு மார்ச் 13 அன்று ஹேலி வால்விண்மீன் தலைக்குள் முக்குளித்து வெளியேறிற்று. முதன் முதலில் வால்விண்மீனைத் தொட்ட விண்கலம் இதுவேயாகும்.

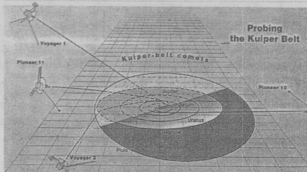
அதுவே 1992-ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதம் கிரிக்-ஸ்க்ஜெல்லரப் வால்விண்மீன் அருகே வெறுமனே கடந்து சென்றது. ஒரு வால்விண்மீனைக் கடந்து பறந்த முதல் விண்கலமும் இதுவே.

2001 செப்டம்பர் 22 அன்று 'ஆழ் விண்வெளி-1' **(Deep Space-1)** என்று பொருள்படும் பெயர் கொண்ட விண்கலம் போரெல்லி **(Borelli)** வால் விண் மீன் அருகில் பறந்து அதனைப் படம்பிடித்தது.

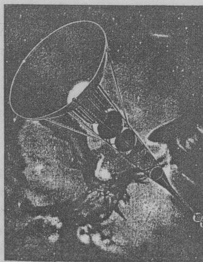
அன்றியும், அமெரிக்கா செலுத்திய 'ஸ்டார் டஸ்ட்' **(Star Dust)** எனும் விண்கலம் 2004 ஜனவரி 2 அன்று '81பி/வைல்ட்2' என்னும் வால் விண்மீனைச் சென்று அடைந்தது. அந்த வால் விண்மீனைத் தொட்டுக் கிள்ளி அதில் இருந்து கொஞ்சம் மண் அள்ளிக் கொண்டு 2006 ஜனவரி மாத மத்தியில் பூமிக்குத் திரும்பிற்று. 'ஸ்டார் டஸ்ட்' **(Star Dust)** என்பதனைத் தமிழில் விண்மீன் தூசி என்று மொழிபெயர்க்கலாம். அந்த வால்விண்மீன் மேல் தோலில் இருந்து 15 மைக்ரான் முடி அளவிற்கும் பெரிய 500 துகள்கள் பொறுக்கி வருவது இதுதான் முதன்முறை. அந்த வால்விண்மீன் பனிப் பாறையில் கலந்திருக்கும் வாயுக்கள், துகள்கள், அணுக் கருக்கள், கனிமங்கள், கரிம வேதியியற்பொருள் அனைத்தும் ஆராயப்பட்டன.

பயனீர் விண்கலன்கள்

வியாழன் கோளினை அணுகி ஆராயும் முயற்சியில் முறையே 1972, 1973-ஆம் ஆண்டுகளில் அமெரிக்காவின் இரண்டு பயனீர் **(Pioneer)** விண் கலங்கள் செலுத்தப் பெற்றன. அவை 21 மாதப் பயணத்தின் பின் வியாழன் ஆராய்வையும் நிறைவேற்றி 100 கோடி கிலோமீட்டர் தொலைவைத் தாண்டி சூரியக் குடும்பம் விட்டே வெளியேறிப் பல்லாண்டுகள் ஆயிற்று. (படம் 25:7,8)



படம் 25.7,8: பயனீர், வாயேஜர் விண்கலன்களின் அண்டவெளிப் பயணம்



விண்வெளி வரலாற்றில் முதல்முறையாக இந்தப் பயனீர்-10 விண்கலம் 1,29,600 கிலோமீட்டர் அருகில் வியாழனைக் கடந்து சென்றது. அங்கு 89

சதவீதம் ஹைடிரஜனும், 11 சதவீதம் ஹீலியமும், அன்றியும் மீத்தேன், அம்மோனியா, சயனோஜன் போன்ற நச்சு வாயுக்கள் சிலவும் வியாழன் வளிமண்டலத்தில் அடங்கியிருப்பதும், அவை நொடிக்கு 15 கிலோ மீட்டர் அசுர வேகத்தில் சுழன்று கொண்டிருப்பதும் கண்டு அறிவிக்கப்பட்டன.

பூமியில் இருந்து புளூட்டோ எனும் குறளைக் கோள் உள்ள தூரத்தைப் போல் இரண்டு மடங்குத் தொலைவில் (ஏறத்தாழ 1200 கோடி கிலோ மீட்டர்), மணிக்கு 44,000 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் அண்டவெளிக்குள் பாய்ந்து செல்கின்றது. நம் சாலை வாகனங்களின் வேகத்தை விட ஆயிரம் மடங்கு. இருபது இலட்சம் ஆண்டுகள் பயணம் செய்து 68 ஒளி ஆண்டு தொலைவில் 'ரோகிணி' **(Aldeberan)** விண்மீனுக்கு அருகே சென்றிருக்கும். இடப **(Taurus)** உடுக்கணத்தை எட்டிப்பார்க்கும் முதல் விண்கலம் இது. ஆனால் 2002 ஏப்ரல் 27 அன்று அதன் புவித் தகவல் தொடர்பு விடுபட்டு போயிற்று.

வாயேஜர் விண்கலன்கள்

1977 செப்டம்பர் 5, ஆகஸ்டு 20 ஆகிய நாட்களில் செலுத்தப் பெற்ற அமெரிக்க வாயேஜர் விண்கலங்கள், முறையே 1979 மார்ச்சு 5, ஜூலை 9 ஆகிய நாட்களில் வியாழன் கோளினை ஏறத்தாழ 19,000 கிலோமீட்டர் அளவில் நெருங்கி ஆராய்ந்தன.

அவற்றில் வாயேஜர்-1 விண்கலம் பூமியிலிருந்து 1300 கோடி கிலோ மீட்டர் தொலைவு அண்டவெளிக்குள் பறந்து செல்கின்றது.

அதில் 'புவிக் குரல்கள்' **(Voices of Earth)** என்ற இசைத்தட்டு ஒன்று உள்ளது.அது உலகின் 60 மொழிகளில் வாழ்த்துச் செய்திகள் அலைபரப்பிய வாறே சூரிய மண்டல விளிம்புகள் தாண்டி அண்டவெளிக்குள் பயணம் செய்கிறது. ஒருவேளை அண்டவெளியில் புவிஒத்த இன்னொரு உலகம் ஏதேனும் ஒன்று இருக்குமோ என்னும் ஆராய்ச்சி இது. மனிதன் போன்ற அல்லது மனிதனை விட அதி நாகரிகவாசி யாரேனும் அங்கு வாழ்ந்தால், நமது புவிக்குரல் கேட்டுப் பதில் கொடுக்கவே இந்த ஏற்பாடு.

வாயேஜர் அலைபரப்பும் மொழிகளுள் இந்தி, வங்காளி, ராஜஸ்தானி, குஜராத்தி, பஞ்சாபி, ஒரியா ஆகிய வடமொழிகளும், கன்னடமும், களி தெலுங்கும் என எட்டு இந்திய மொழிகள் மட்டுமே இடம்பெறுகின்றன. அத்துடன், அமோய் போன்ற சிறுபான்மை மொழியும், சிங்களமும் கூட அங்கம் வகிக்கின்றன. அதில் தமிழைக் காணோம். அண்டவெளி ஆதி மனிதர்கள் தமிழர்களாக இருக்க வாய்ப்பில்லை என்று அர்த்தமா? சமஸ் கிருதமும் இடம்பெறவில்லை என்று யாரேனும் சமாதானம் கூறலாம்.

26

மனித விண்வெளிப் பயணம்

விண்வெளியில் 'எடையற்ற நிலை' காரணமாக உடல் இலேசாகி அந்தரத்தில் மிதப்பது போன்று இருக்கும் என்கிறோம். அச்சூழ்நிலையில் விண்கலனுக்குள் இயங்கு வதற்கு, நீர்மூழ்கிப் பயிற்சிகளும் மிகமிகத் தேவை. வேறு ஒன்றும் இல்லை; விண்கலன் போன்ற மிதவையில் உருண்டு புரண்டு விண்வெளிச் சூழலுக்கு நம்மைத் தங்க வைத்துக் கொள்ளும் பயிற்சி அது.

விண்வெளியில் பறக்கும்போது, எடையற்ற நிலையில் உள்ளங்கால் இரத்தம் தலைக்கு ஏறும். முகம் புடைத்து விடும். வயிற்றில் அல்லது குடலில் கிருமிகள், புழுக்கள் இருந்தால் இன்னும் உபத்திரவம். அவை மூளைப் பகுதியில் நுழைந்து விடும் அபாயமும் உள்ளது. முகத்தில் வலிப்பு வந்து மோவாய் ஒரு பக்கம் இழுத்துக்கொள்ளக்கூடும். புத்தி பேதலிக்கவும் கூடும். அன்றியும் விண்வெளியின் சுழியீர்ப்பு நிலையில் **(Zero gravity)** இரத்தத்தில் சோடியம் அளவு குறையும். விண்வெளிப் பயணிகளுக்கு 2–4 கிலோ வரை கூட குருதிநீர் இழப்பு ஏற்படலாம். இந்தக் குறை பழைய நிலைக்குத் திரும்ப நாலைந்து நாட்கள் ஆகலாம். பூமிக்குத் திரும்பிய சில மணிநேரத்திற்குத் தலைசுற்றல் இருக்கவும் வாய்ப்பு உள்ளது.

அன்றியும் விண்வெளிப் பயணத்தின்போது எடையற்ற நிலையினால் இதயத் துடிப்பு மந்தம் அடையும். சிலருக்கு இரத்த சோகை கூட உண்டாகலாம். மேலும் இருதயத்திற்குச் செல்லும் இரத்த ஓட்டமும் குறையும். இத்தகைய பிரச்சினைகளால் தசைத் தொய்வு **(muscular atropy)** உருவாகும். இக்குறையைச் சமாளிப்பதற்கு உரிய தசைப் பயிற்சி அவசியம். நிறுத்தி வைக்கப்பட்ட சைக்கிள் மற்றும் மிதி இயந்திரங்கள் **(tread mills)** போன்ற உபகரணங்களில் அமர்ந்து பெடலை அழுத்தி நின்ற இடத்திலேயே வண்டி ஓட்டவேண்டும். இது தசைகளுக்குச் சிறந்த பயிற்சி. ஏனெனில் விண்வெளியில் பொதுவாக இயக்கம் இல்லாததால் தசைநார்கள் இறுகிக்

கட்டி ஆகிவிடும். தொடர்ந்து, கைகால் விறைத்து நீட்டியது நீட்டியபடி அமைந்துவிடும். அதைத் தடுத்துத் தசைகளுக்கு நெகிழ்ச்சி அளிக்கவே இப்பயிற்சி தேவைப்படுகிறது.

விண்வெளியின் நிறையீர்ப்பு குறைந்த நிலையில் தலையில் இருந்து இரத்தம் குதிங்காலுக்கு இறங்கும். அப்படியானால் மூளையில் இரத்த ஓட்டம் குறையும். மயக்கம் உண்டாகும். குமட்டல், வாந்தி எல்லாம் வரக்கூடும். அதே சமயத்தில் அதிகப்படியான இரத்த ஓட்டத்தால் கெண்டைக்கால், பாதம் சிலருக்குப் புடைத்துவிடும். அங்கு இரத்த நாளங்கள் பலவீனமாக இருந்தால் ஆபத்துத்தான். அத்துடன் காதுக்குள் நமது நிமிர்நிலையை உணர்த்தும் 'வெர்ட்டிகோ' **(vertigo)** உணரியும் செயல் தடுமாறும். இதனால் உடல் தள்ளாடும்.

இத்தகைய சூழ்நிலைகளைச் சமாளிப்பதற்கு குடைராட்டினப் பயிற்சியும் மிக முக்கியம். ஆங்கிலத்தில் 'சென்ட்ரிஃபிரியூஜ்' **(centrifuge)** எனப்படும் மைய விலக்கி இருக்கை சுற்றுவதைப் பார்த்தால் குடை ராட்டினம் மாதிரிதான் இருக்கும். அதில் அமர்ந்தவரின் கையையும் காலையும் இருக்கையோடு கட்டி வைத்துவிடுவார்கள்.

மின்விசிறியின் இறக்கை முனையில் உட்கார வைத்துச் சுழற்றினால் எப்படி இருக்கும்? அதே அனுபவம் இந்த சென்ட்ரிஃபியூஜ் பயிற்சியில் உண்டாகும்.

அன்றியும் விண்வெளியில் நீண்டகாலம் தங்கி ஆராய்ச்சியில் ஈடுபடும் வீரர்களுக்கு இன்னுமொரு பிரச்சினையும் எழுகிறது. விண்வெளி வீரர்க்கு எலும்பு உருகி இரத்தத்தில் சேரும் அபாயம் உண்டு. இதனால் சிறுநீரகத்தில் கற்கள் படிந்து மேலும் உபாதை தோன்றும். சல்யூத் விண்கலத்தின் ரஷ்ய வீரர்களுக்கு 2–8% இரத்தத்தில் சுண்ணாம்புச் சத்து இழப்பு கண்டறியப் பட்டது.

விண்வெளியில் ஏற்படும் இந்த உடல்நலப் பிரச்சினைகள் எல்லாவற் றையும் பொதுவாக 'விண்வெளிச் சுகக் கேடு' **(Space Sickness)** என்கிறோம்.

இன்னொரு சுற்றுச்சூழல் சகிப்புச் சோதனை பற்றியும் இங்குக் குறிப்பிடலாம்.

விண்வெளிப் பயிற்சி வீரரை வைத்து அந்த அறைக்குள் ஏறத்தாழ 50 பாகை செல்சியஸ் வெப்பநிலை ஊட்டப்படும். அதனுள் திடீரென்று குளிர் ஊட்டப்படும். இத்தகைய தட்பவெப்ப மாற்றங்களையும் சமாளிக்கும் உடல் உறுதி வேண்டும்.

இதையாவது சகித்துக்கொள்ளலாம். ஆனால் புவிக் காற்று அழுத்தத்தில் நாலில் ஒரு பங்கு ஆக்சிஜன் அடங்கிய அறைக்குள் சில மணி நேரமாவது தங்கி இருந்து தாக்குப் பிடிக்க வேண்டும். சாதாரணமாக நாம் சுவாசிக்கும் காற்றில் ஐந்தில் ஒரு பங்கு பிராண வாயு (ஆக்சிஜன்) அடங்கி இருக்கிறது. அதன் அளவு கூடினாலும் குறைந்தாலும் ஆபத்துதான். கூடினால் மூச்சு முட்டும். குறைந்தால் மூச்சுத் திணறும்.

இத்தகைய குறை அழுத்த அறைப் பரிசோதனையின்போது இலட்சத்தில் ஒரு நபருக்கு மரணம் நேர வாய்ப்பு இருக்கிறது. இத்தனையும் இரண்டாம் கட்டப் பயிற்சிகள்.

மேலும் விண்வெளிக் கதிர்வீச்சினால் உடல் இயங்கியலில் எழும் பிரச்சினைகளும் குறிப்பிடத்தக்கவை. ஒரு 'ரேட்' **(rad)** என்பது பன்னாட்டுக் கதிர்வீச்சியல் அலகுகள் ஆணையத்தின் **(International Commission on Radiological Units)** வரையறைப்படி 1 கிராம் பொருள் 100 எர்க் **(erg)** ஆற்றலை உறிஞ்சுவதற்குத் தேவையான அயனியாக்கக் கதிர்வீச்சு **(ionising)** அளவாகும்.

அண்டவெளிக் கதிர்வீச்சு ஒரு நாளில் 10–50 மில்லி ரேட். ஆனால் ஒவ்வொரு சூரியக் கிளர்வின் போது இது அபாய அளவை எட்டும். ஆயின் வான் ஆலன் வளையத்தின் புரோட்டான்களினால் செயற்கைக்கோளின் 1 சென்டிமீட்டர் அலுமினியத் தகட்டினூடே புகும் கதிர்வீச்சு மணிக்கு 1–10 ரேட். செயற்கைக்கோள் புறப்பரப்பில் மின்னணுக் கதிர்வீச்சு ஏற்படுத்தும் தாக்கம் மணிக்கு 100–1000 ரேட் அளவு ஆகும்.

இதனால் புவி நிலைவட்டப் பாதைச் செயற்கைக்கோளுக்கு சதுர சென்டி மீட்டரில் 21 கிராம் எடை கொண்ட அலுமினியத் தகடு தேவை. சந்திரப் பயணத்தில் கையாளப்பட்ட அப்போலோ ஆணைக் கூட்டில் சதுர சென்டி மீட்டருக்கு 7.5 கிராம் எடை அளவு அலுமினியப் படலம் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனால் நடைமுறையில் இதற்குச் சமமாக அலுமினியம், துருப் பிடிக்காத எஃகு மற்றும் ஃபீனாலிக் ஈபாக்சி படலங்கள் தொகுப்பு இடம் பெறுகின்றன. அப்போலோ பயண வீரர்களுக்கு ஏறத்தாழ 1 'ரேட்' கதிர்வீச்சுப் பாதிப்புத்தான் இருந்ததாம்.

ஆனால் காமாக்கதிர், பீட்டா கதிர் போன்ற வெவ்வேறு கதிர்வீச்சுக்கு ஏற்ப அது மனிதனிடம் ஏற்படுத்தும் பாதிப்பு அளவு மாறும். இதனை 'ரெம்' **(rem- Roentgen Equivalent Man)** என வழங்குகிறோம்.

விண்வெளியில் 'மிர்' விண்சுற்றுக் கூடத்தில் ஓராண்டிற்கும் மேலாகத் தங்கி இருந்த சாதனையாளர் விளாடிமர் டிட்டொவ் **(Vladimir Titov)**, முசா மானரொவ் **(Musa Manarov)** ஆகிய ரஷிய விண்வெளி வீரர்கள் மீது **10–15** 'ரெம்' பதிந்தது. ஆயின் சராசரி அணுமின் உற்பத்திக் கூடங்களில் ஒரு ஊழியர் பொறுத்துக் கொள்ளக்கூடிய அளவு வெறும் **5** 'ரெம்' மட்டுமே. மிர் நிலையத்தில் விதிக்கப்பட்ட உச்ச வரம்பு **37** 'ரெம்'களாம்.

இதற்கெனக் கனத்த 'பெங்குவின்' எனும் விசேஷ விண்வெளிப் பாதுகாப்பு உடையணிந்து எலும்புகள், தசைகளுக்குப் பயிற்சி அளிக்க வேண்டும். உடல் எலும்புகள் நெகிழ்ந்து தள்ளாடாமல் காக்கத் தினம் வேளைக்கு இரண்டு குவளை வீதம் மூன்று வேளை ஒரு விழுக்காடு உப்புக் கரைசல் பானம் அருந்தியாக வேண்டும். விண்வெளிப் பயணத்தின்போது உடல் திசுக்களின் நீர்மங்கள் 'விர்'ரென்று தலைக்கேறாமல் தடுக்க தொடைகளில் இறுக்கி வளையக் காப்புகள் அணிதல் அவசியம்.

சமீபத்தில் மனிதனில் ஏற்படும் கதிர்வீச்சுப் பாதிப்பு 'சீவெர்ட்' **(sievert)** அளவால் குறிக்கப்படுகிறது. ஒரு சீவெர்ட் என்பது **100** ரெம்கள் ஆகும். நுரையீரலை எக்ஸ்-கதிர் படத்திற்கு உள்ளாக்கும் போது **0.1** சீவெர்ட் கதிர் வீச்சினை உடம்பு எற்கிறது. ஒரு விண்வெளி ஓடத்தில் **18** நாள் பயணம் செய்த வீரர் தோலில் ஏறத்தாழ **5.6** சீவெர்ட் கதிர்வீச்சு பாதிக்கும். கேரளத்தில் ஒரு வருடம் வாழ்ந்தாலே **13** சீவெர்ட் கதிர்வீச்சை நம் உடம்பு உட்கொள் கிறதாம். நிலவில் **9** நாள் தங்கினாலும் ஏறத்தாழ **11–12** சீவெர்ட் கதிர்வீச்சு மனிதன் மேல்தோலில் படியுமாம்.

மனிதர்கள் விண்வெளிப் பயிற்சிக்குத் தேர்வு செய்யப்படப் பல்வேறு நிபந்தனைகளும் கட்டுப்பாடுகளும் உள்ளன.

அறிவுத்திறன், உடல் தகுதி, மனப்பக்குவம் ஆகிய மூன்றும் முக்கியம். முதலாவதாக, குறைந்த பட்சம் பட்டப் படிப்பாவது தேறி இருக்கவேண்டும். அறிவியலில் அல்லது பொறியியலில் குறைந்தது முதுநிலைப் பட்டம் தேவை. அதிகவேக விமானத்தை இயக்கிய அனுபவம் இருந்தால், கூடுதல் தகுதி ஆகும். கணினி முதலான ஆய்வுக் கருவிகள் இயக்கும் அறிவும் தேவை.

அடுத்தபடி நல்ல ஆரோக்கியமும் அவசியம். தெளிவான கண்பார்வை வேண்டும். காது சரியாகக் கேட்கவேண்டும். பூமியில் தரைக் கட்டுப்பாட்டு நிலையத்தில் இருந்து பெறப்படும் மின்காந்த அலைத்தகவல்களை நன்றாகப் புரிந்து கொண்டு தனியறையில் செயல்படவும் வேண்டும்.

அன்றியும் உடலில் எப்போதாவது அறுவை சிகிச்சை நடந்து இருக்கக் கூடாது. விண்வெளிப் பயணத்தின்போது உடம்பில் தையல் போட்ட இடம் பிரிந்து பிரச்சினை எழ வாய்ப்பு உண்டாம். வயிற்றில் ஏதேனும் நாடாப் புழு, கொக்கிப்புழு, உருட்டைப் புழு என்று உபத்திரவம் இருந்தால் பயிற்சி தாம் ஆகும். அதுவே பயணத்திற்கான தகுதிக்குறைவு ஆகவும் கருதப்பட வாய்ப்பு உள்ளதாம்.

பயிற்சி வீரர் மனநிலைப் பரிசோதனையிலும் தேர்ச்சி பெறவேண்டும். அதுபோது அவரை ஒரு கறுப்புப் பெட்டகத்தினுள் போட்டுப் பூட்டிச் சாவியை எடுத்துச் சென்றுவிடுவார்கள். எப்போது வந்து திறந்துவிடுவார்கள் என்று சொல்லவும் மாட்டார்கள். பெட்டிக்குள் உணவும், ஆக்சிஜனும் கிடைக்கும். ஆனால் பயிற்சி வீரர் மட்டும் தனிமையில் அடைபட்டுக் கிடக்க வேண்டும். அப்போது அவரது மனநிலை எப்படி இருக்கும்?

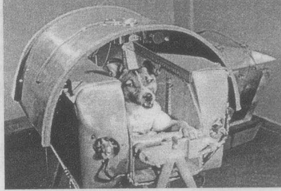
உண்மையில் பெட்டகத்தினுள் அடைபட்ட பயிற்சி வீரரின் பதற்றம், பரபரப்பு, இரத்தக் கொதிப்பு, மன அழுத்தம் எல்லாமான பீதிக் கலவர நடவடிக்கைகளும் அவரது உடம்பில் பொருத்தப்பட்ட மின்தண்டுகளின் உதவியால் கணிப்பொறியில் பதிவாக்கப்படும்.

விண்வெளிப் பயணிக்கு எந்தச் சூழ்நிலையிலும் மனக் கொதிப்பு வராமல் பார்த்துக்கொள்ளும் நெஞ்சமுத்தம், மன உறுதி வேண்டும் அல்லவா? இன்றுவரை ரஷிய வீரர்கள் 116 பேரும், அமெரிக்கர்கள் 170 பேரும் சீனர்கள் மூவரும் விண்வெளி சென்றுள்ளனர்.

உயிரி அறிவியல் ஆய்வுகள்

உயிரி அறிவியல் **(Life Sciences)** குறித்து அன்றைய 'ஸ்கைலாப்' **(Skylab)** தொட்டு இன்றைய அமெரிக்காவின் 'ஸ்பேஸ் லாப்' **(Space lab),** ஐரோப்பாவின் 'உயிரித் தட்டு' **(Bio-pan),** ரஷியாவின் 'சல்யுத்' **(Salyut)** மிர் விண்சுற்றுக்கூடம், ஃபோடோன் **(Foton)** விண்கலம் போன்றவை யாவும் இத்துறையில் அரிய பல சாதனைகளை நிகழ்த்தியுள்ளன. அங்கு எல்லாம் வெங்காயம், கோதுமை, உருளைக்கிழங்கு பார்லி, பயறு, நீர்ப்பாசி, காளான்கள், போன்ற தாவரப் பதார்த்தங்கள் மட்டுமன்றி, தலைப்பிரட்டைகள், தவளைகள், குயில் முட்டைகள், மலப்புழுக்கள், சுண்டெலிகள், முயல்குட்டிகள், சிற்றிறால், மீன்கள், பழ ஈக்கள் என பலதரப்பட்ட உயிரினங்கள் விண்வெளி ஆராய்ச்சி யில் உட்படுத்தப்பட்டன.

1957 நவம்பர் 2 அன்று சோவியத் ரஷியா செலுத்திய 'ஸ்புட்னிக்-2' **(Sputnik-2)** எனும் விண்கலம் 'லைக்கா' என்ற நாயினை விண்வெளிக்கு அனுப்பி வைத்தது. (படம் 26:1). பண்டைக் காலத்தில் இறக்கப்போகும் முதியவரைத் தாழிக்குள் போட்டு, அதற்குள் ஒருமாத காலத்திற்குப் போதிய



படம் 26.1: விண்வெளிக்குச் சென்ற உருசிய நாட்டு 'லைக்கா' நாய்

உணவும், நீரும் வைத்து மூடி விடுவது மாதிரி, கொஞ்சம் உணவும் ஆக்சிஜனும் நிறைத்து ஒரு ராக்கெட் பெட்டகத்தில் ஏற்றி அனுப்பி விட்டார்கள். அவ்வளவுதான். 580 கிலோகிராம் எடை கொண்ட அச்சிறிய விண் கூட்டினுள் அசைய, ஓடியாட முடியாது. தளைச்சங்கிலியால் பிணைத்தும் இருந்தார்கள். இயற்கை உபாதைக் கழிவுகள் சேகரிக்க அதன் இடுப்பைச் சுற்றி பெரியதோர் பிளாஸ்டிக் பை ஒன்று தொங்கிக் கொண்டிருந்ததாம்.

ஆனால் எதிர்பாராதபடி விபரீதம் ஒன்று நடந்தது. விண்கலம் கிளம்பி கொஞ்ச நேரத்திற்கு எல்லாம் அந்த நாய்க்கூடு ராக்கெட்டில் இருந்து முறையாக விடுவிக்கப்படவில்லை. அதனால் நாய்க்கூண்டினுள் வெப்பம் ஏறி, அந்த நன்றியுள்ள பிராணி அறையின் அனல்காற்றில் மூச்சுத் திணறி இறந்தும் போயிருக்கும். அதிகாரபூர்வத் தகவல்கள் ஏதுமில்லை.

1958 ஆகஸ்டு 27 அன்று பெல்யங்கா **(Belyanga)** மற்றும் பெஸ்த்ராயா **(Pestraya)** ஆகிய நாய்கள், ஜூலை 2 அன்று மார்த்தா என்னும் முயல் குட்டிகள், ஒல்வாஸ்னாயா மற்றும் ஸ்நேஸின்கா ஆகிய நாய்கள் எல்லாம் காற்று மண்டல உச்சி முகர்ந்து திரும்பின.

ஆயினும் செயற்கைக்கோளில் புவி சுற்றிய நாய்களில் லைக்கா விற்குப் பிறகு, பெல்கா, ஸ்டிரெல்கா ஆகிய நாய்கள் இரண்டும் 1959 ஆகஸ்டு 19 அன்று ஸ்புட்னிக்-5 விண்கலத்தில் பயணம் செய்தன. தொடர்ந்து, செர்னுஷ்கா (ஸ்புட்னிக்-9, 09-03-61), ஸ்வெர்தோஸ்கா (ஸ்புட்னிக்-10, 25-03-61) ஆகிய நாய்களும் ராக்கெட்டிற்குள் அமர்ந்து பூமியைச் சுற்றிப் பார்த்துவிட்டுப் பத்திரமாகத் திரும்பி வந்தன.

தானாக இயங்கும் விண்கருவிகள் தயாரிப்பதும், உயிரினங்களை விண் வெளிக்கு அனுப்பி அவற்றின் நாடித்துடிப்பு, இரத்த ஓட்டம் போன்ற உடலியல் இயக்கங்களைப் பதிவு செய்வதும் ரஷிய ஆய்வு நுட்பம். அமெரிக்கருக்கோ பூமிக்கு வெளியே ஆட்கள் அல்லது குரங்குகளை வைத்து விண்கலங்களை ஓட்டச்செய்து பரிசோதிப்பதில் ஆர்வம் அதிகம்.

ஆலன் ஷெப்பர்டு **(Alan Sheppard)** எனும் அமெரிக்க முதல் விண் வெளி வீரர்க்கு முன்னதாக, 'ஹாம்' எனும் மனிதக் குரங்கு (படம் 26:2) 1961 ஜனவரி 31 அன்று ரெட்ஸ்டோன் என்ற அமெரிக்க விண்கலத்தில் ஏறி விண்சுற்றியது.



படம் 26.2: விண்வெளிக்குச் சென்ற அமெரிக்கவின் 'ஹாம்' மனிதக்குரங்கு

அத்துடன், 'புளோசம்' **(Blossom)** எனும் விண்வெளித் திட்டத்தின்கீழ் ஏழு குரங்குகள் மயக்க ஊசி கொடுக்கப்பட்டு, 'வி-2' ஏவுகணையினால் தனித்தனிப் பயணங்களில் ஒன்றன்பின் ஒன்றாக விண்ணில் செலுத்தப் பட்டன. அவற்றுள் முதலாவதான, 'ஆல்பெர்ட்-1' என்னும் ரீசஸ் இனக்

குரங்கின் கதை பரிதாபமாக முடிந்தது. 1948 ஜூன் 11 அன்று கிளம்பிய ஏவுகணை காற்று மண்டலத்தை அடைந்ததும் அதிலிருந்த பறக்கும் குடை தானாகத் திறக்க மாட்டாமல் கூண்டோடு தரைமோதிச் சிதறியது. குரங்கு அதற்கு முன்னரே மூச்சு முட்டி இறந்திருக்கக்கூடும்.

அவ்வாறே, 1949 ஜூன் 14 அன்று இரண்டாவது ஆல்பெர்ட் குரங்குடன் புறப்பட்ட ஏவுகணை அடுத்த ஆறு நிமிடங்களில் தூள் தூளானது. இப்படியே ஆறு குரங்குகள் வீரமரணம் எய்தின.

ஆயின் 1952 மே 22 அன்று செலுத்தப்பெற்ற பாட்ரிகா **(Patrica)**, மைக்கேல் **(Michael)** ஆகிய பிலிப்பைன் நாட்டுக் குரங்குகள் இரண்டு மயக்க நிலையில் ஆக்சிஜன் முகமூடிகளுடன் 'எரோபீ' ஏவுகணைக் கூண்டினுள் வைத்து அனுப்பப்பட்டன. அவை பத்திரமாகவும் புவிக்குத் திரும்பின.

உயிரி மருத்துவ ஆய்வு

ரஷியாவின் 'உயிரி–மருத்துவப் பிரச்சினைகள் பயிற்றக'த்தின் **(Institute of Bio-Medical Problems)** கையடக்கமான 'ஏ.கே-1' எனும் உபகரணத்தினால் 'மிர்' விண்சுற்று நிலையத்தினுள் காற்றிலும், ஆய்வுக் கருவிகள் மீதும் எல்லாம் படியும் தூசி தும்புகளினைச் சேகரிக்க முடிந்தது. அவற்றில் ஏதேனும் நுண்கிருமிகள் உள்ளனவா என்று ஆராயும் இந்தப் பரிசோதனையும் மிர் விண்கூடத்தில் குறிப்பிடத்தக்கது.

மிர் நிலையத்துடன் 1987 டிசம்பரில் இணைந்த 'குவாந்த்-1' **(Kvant-1)** என்ற ஆய்வுக் கூட்டிலுள்ள 'ஐனூர்' **(Ainur)** எனும் பெட்டகத்தில் ஃபுளூ காய்ச்சல் வைரஸ் தாக்கிய சவ்வுப் புரதத்தை வளர்த்து 3 மாத காலம் ஆய்வுகள் நடைபெற்றன.

மற்றொரு பரிசோதனையில் கனடா, ஜெர்மன், ஜப்பான் மற்றும் டச்சு நாடுகளுக்குரிய 23 வேறுபட்ட புரதங்கள் வளர்ச்சியும் இடம்பெற்றது.

விண்வெளிப் பயண மருந்துகள்

விண்வெளிப் பயணத்தின் எடையற்ற நிலையில், உடல் தசைகள் விரயமாகும். இதயத்துடிப்பு தளரும். பசியுணர்வு மந்தமாகும். உடல் திசுக்களின் நீர்மங்கள் அங்கிங்காகப் பரவும். இதற்கு 'விண்வெளி இணக்கத் தொகுப்பீடு நோய்' **(Space-Adaptation Syndrom)** என்று பெயர். இதனால் குமட்டல், தலைவலி, அசதி, உடல் சோர்வு போன்ற உபாதைகள் தோன்றும்.

விண்வெளி வீரர்கள் மன நிலையும் சராசரியாக இராது. குடும்பம், சுற்றத்தார், மனைவி, மக்களைப் பிரிந்து பூமியிலிருந்து 400 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் ஒரே விண்கலத்தினுள் 100 கனமீட்டர் அறைக்குள், பல நாட்டு வீரர்களுடன் மாதக் கணக்கில் தங்கியிருக்கும் போது மன உளைச்சல் ஏற்படுவது உண்மை.

இத்தகைய மனப் பதற்றங்களைக் கட்டுப்படுத்த ஒருவித மயக்கமூட்டிகள் விண்வெளி வீரர்களால் உட்கொள்ளப்படுகின்றன.

'ஃபெனேர்கன்' **(Phenergan)** என்ற பெயரில் விற்பனையாகும் 'புரோமீத்தசைன்' **(Promethazine Hydrochloride)** நன்கு உறக்கம் தரவல்லது. 'டெக்சேட்ரின்' **(Dexedrin)** எனப்படும் 'டெக்ரோஆம்ஃபிட்டமின்' **(Dextroam-phetamine)** போதைப் பழக்கம் ஊட்ட வல்ல மருந்து.

மேலும் 'சின்னாரைசின்' **(Cinnarizine)** அடங்கிய 'ஸ்டுகெரான்' **(Stuge ran)** அதன் பக்க விளைவுகள் காரணமாக அமெரிக்காவில் விற்பனை அங்கீகாரம் வழங்கப்படவும் இல்லை.

இவற்றுக்கெல்லாம் பதிலாக, 'எலாடன் லிமிடெட்' **(Eladon Limited)** என்னும் பிரிட்டிஷ் கம்பெனி தயாரிக்கும் 'எலாகன்' **(Elagen)** இன்று விண்வெளி இணக்கத் தொகுப்பீட்டிற்கு மாமருந்தாகப் பரிந்துரைக்கப்பட்டுள்ளது. மாஸ்கோ ஆய்வு நிறுவனத்தின் விண்வெளி வீரர் பயிற்றக மையம் மற்றும் நோயெதிர்ப்புத்திறன் துறையில் இந்தக் குளிகை சிறப்பிடம் வகிக்கிறது.

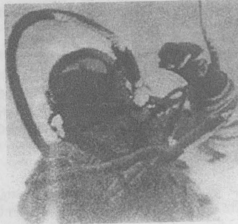
இந்த மருந்து ஒரு மூலிகைச் சூரணம் தானாம். தாவரவியலார் இதனை 'எலியுத்தரோக்காகஸ் ஸென்டிகோஸஸ்' **(Eleutherococcus Senticosus)** என்று வழங்குகின்றனர். இரத்தத்தின் நோயெதிர்ப்புத் திறன் அதிகரிக்கக் காரணமான இரத்த வெள்ளணுக்களின் செயலாற்றலைத் தூண்டுவிக்கும் அபார குணம் கொண்டது இந்த முள்பூண்டு இனம். தவிர, உடலினுள் வளர்சிதை மாற்றங்களும், வேதியியல் விளைவுகளும் இயல்பாக நடைபெற உதவும் மருந்து இது.

விளாடிமிர் லையாகொவ் **(Vladimir Lyakhov)** மற்றும் வாலரி ரையுமின் **(Valery Ryumin)** சல்யூத்-6/சோயுஸ் விண்வெளி நிலையத்தில் 4 மில்லி லிட்டர் 'எலியுத்தரோக்காகஸ்' மருந்தினைத் தினமும் அருந்தி வாழ்ந்தனர். அமெரிக்க விண்வெளி நிறுவனமும் இந்த வகை மூலிகைகளில் ஆர்வம் காட்டி வருகிறது.

இதனால் எலியுத்தரோக்காகஸ் எனப்படும் முட்பூண்டுச் செடி ரஷியாவில் கிழக்கு சைபீரியாவில் இராணுவப் பாதுகாப்புடன் வளர்க்கப்பட்டு வருகிறது.

விண்வெளி வீரர் திசைதிருப்பு அமைப்பு

1965 மார்ச் 18 அன்று கர்னல் பாவெல் இவானோவிச் பெல்யயெவ் என்கிற விமானத் தளபதி, அலெக்சீ அர்க்கிப்போவிச் லியோனொவ் என்கிற விமானி ஆகிய இரண்டு பேரும் பயணம் செய்தனர். அந்த வாஸ்கோத் விண்கலனில் இரண்டாவது முறையாக புவி சுற்றியபோது லியோனொவ் விண்கலத்துக்கு வெளியே அண்டவெளிக்குள் இறங்கினார். விண்கலத்தின் புறப் பகுதியில் தொலைநோக்கி மாதிரி நீண்டு இருந்த சுரங்கக் குழாய்ப் பாதையில் நுழைந்து வெளியேறினார். தன் வயிற்றைச் சுற்றிக் கட்டியிருந்த 15 அடி தாம்புக் கயிற்றுடன் அண்டவெளியில் மிதந்த முதல் விண்வெளி வீரர். அழுத்தம் ஊட்டிய விண்கலத்தை விட்டு மொத்தத்தில் 23 நிமிடங்கள் 41 நொடிகள் அந்தரத்தில் மிதந்த சாதனையாளர் இவர். (படம் 26:3)



படம் 26.3 : அண்டவெளியில் மிதந்த முதலாவது விண்வெளி வீரர் அலெக்சீ லியோனொவ்

ஆனால் தாம்புக் கயிற்றுக்குப் பதில் இருக்கை ஒன்றைக் கட்டி அந்தரத்தில் மிதக்கும் தொழில்நுட்பம் பிந்திய விண்வெளிப் பயணங்களில் நிறைவேறிற்று.

1966 ஜூன் 3 அன்று 'ஜெமினி-9' விண்கலத்தில் தாமஸ் பாட்டென் ஸ்டான் போர்டு, இயுஜின் ஆண்டரியு செர்னான் ஆகியோர் கென்னடி முனையில் இருந்து கிளம்பி 3 நாட்கள் 20 நிமிடங்கள் 50 நொடிகள் விண்வெளிப் பயணம் செய்து. இப் பயணத்தில் முதன்முறையாக அமெரிக்க விமானப் படை தயாரித்த ஏ.எம்.யு (AMU) எனப்படும் 'விண்வெளி வீரர் திசைதிருப்பு அமைப்பு' **(Astronaut Manoeuvring Unit)** ஒன்றில் அமர்ந்தபடி செர்னான் அண்டவெளியில் அங்கிங்காக இயங்கினார். அது கிட்டத்தட்ட ஒரு பறக்கும் நாற்காலி மாதிரிச் செயல்பட்டது.

புற வாகனச்செயல்பாடுகள்

1987 எப்ரல் 9 அன்று 'மிர்' எனும் ரஷ்யா விண்சுற்றுக் கூட்டின் வெளிப்புறத் துவாரத்தினோடு 'குவாந்த்' ஆய்வுக் கூட்டினை இணைக்கும் பணி தொடங்கியது. ஆயின் அந்தத் துவாரத்தினை மூடியிருந்த துணியுறை யைக் கழற்றி அப்புறப்படுத்த வேண்டும். அதற்கென முதன்முறையாக, ஏப்ரல் 11 அன்று யூரி ரொமனென்கோ **(Yuri Romanenko)** மற்றும் அலெக்சாண்டர் லெவீகின் **(Alexander Leveykin)** ஆகிய இருவரும் மிர் நிலையத்தின் வெளியே சென்று புற வாகனச் செயல்பாட்டில் **(Extra - Vehicular Activity)** ஈடுபட்டனர்.

தொடர்ந்து சூரிய மின்பலகை மற்றும் வானவியல் தொலைகாட்டிகளை 'மிர்' முதுகில் நிறுவுதல், அவ்வப்போது அவற்றைப் பழுதுபார்த்தல் மற்றும் அந்தரத்தில் தாய்க்கலத்தினின்று பிரிந்து தனியே 'மனித திசைதிருப்பு அமைப்பில்' **(Manned Manoeuvring Unit)** பரிசோதனையில் ஈடுபடுதல் எனப் பல்வேறு ஆய்வுப் பணிகளை மேற்கொண்டனர் 'மிர்' விண்வெளி வீரர்கள்.

அண்டவெளியில் விண்கலன்கள் இணைப்பு

விண்வெளியில் இரண்டு விண்கலன்கள் இணைந்து கொள்ளும் நிகழ்வுகள் விண்வெளியின் புறவாகனச் செயல்பாட்டில் புதிய தொழில் நுட்பம் ஆகும். அதிலும் ஒரு விண்கலத்தில் இருந்து மற்றொரு விண் கலத்திற்குக் குடிமாறும் சாதனைகளும் விண்வெளியில் நடந்தேறின.

1969 ஜனவரி 14 அன்று விளாதிமிர் அலெக்சாண்ட்ரோவிச். ஷாத்தலொவ் ஆகியோர் சோயுஸ்-4 விண்கலத்தில் விண்வெளி சென்றனர். அங்கு 2 நாட்கள் 23 மணிநேரம் 14 நிமிடங்கள் பயணம் மேற்கொண்டனர். மறுநாள் 1969 ஜனவரி 15 அன்று சோயுஸ்-5 விண்கலனில் அலெக்சீ ஸ்டானிஸ்லோவிச் யெலிசெயெவ் என்னும் பயணப் பொறியியலரும், யெவ்கனி வாசிலியெவிச்

குருனொவ் என்னும் ஆய்வாளரும் பயணம் செய்தனர்.

விண்வெளியில் ''சோயுஸ்-4 விண்கலம் 33 சுற்றுகளும், ''சோயுஸ்-5 விண்கலம் 17 சுற்றுகளும் முடித்த நிலையில் ஒன்றுக்கொன்று 328 அடி அருகில் சந்தித்துக் கொண்டன. ஆயினும் இந்த இரண்டு விண்கலன்களின் இணைப்பால் கூட்டு எடை 28,497 பவுண்டு ஆயிற்று. உலகின் முதலாவது 'பரிசோதனை விண்வெளி நிலையம்' **(Experimental Space Station)** இதுவேயாகும்.

அன்றியும், 'சோயுஸ்-5' விண்கலன் வீரர்கள் யெலிசெயெவ், குருனொவ் ஆகிய இருவரும் 'சோயுஸ்-4' விண்கலனுக்கு குடிபெயர்ந்து அதிலேயே புவி திரும்பினர். உலகின் முதல் சாதனை இது. இவ்விதம் விண்வெளியில் குடிமாறும் தொழில்நுட்பங்கள் இன்று நடைமுறை ஆகி விட்டன.

விண்வெளித் தொழிற்கூடம்

மிர் நிலையத்திலுள்ள 'ஸ்பலாவ்-01' **(Splav-1)**, கிறிஸ்டல் **(Kristall)** மற்றும் 'மாக்மா-எஃப்' **(Magma-F)** போன்ற ஆய்வுக் கூடுகளில் அறைமின் கடத்திகள் போன்ற மின்னணுக் கூறுகளை, பூமியில் உற்பத்தி செய்வதிலும் அதி தூய்மையாகவும், பிசிறுகள் இன்றியும் தயாரித்தனர் ரஷ்ய விஞ்ஞானியர்.

தொழில்நுட்ப ரீதியாகப் பார்த்தால் பலதரப்பட்ட நவீன விசேடப் பொருள்கள் மிர் நிலையத்தில் இடம்பெற்றன. அவற்றில் 'நினைவாற்றல் உலோகங்கள்' **('memory metals')** குறிப்பிடத்தக்கவை. சூடாக்கிய நிலையில் ஒரு வடிவத்தைப் பதிந்து கொண்டு, பின்னர் அது குளிர்ந்தபோது சாதாரணத் தோற்றத்துடன் காட்சி அளித்து, மீண்டும் சூடேற்றினால் பழைய வடிவத்தை மீண்டும் பெறக் கூடியவை இந்த 'நினைவாற்றல் உலோகங்கள்'.

புவியினைப் பொதிந்துள்ள அயனமண்டலத்தினை அளக்க 'ஆல்ஃபா-இ' **(Alpha-E)** மற்றும் வானவியல் ஆராய்ச்சிகளும் இங்கு குறிப்பிடத் தக்கவை.

'1987-ஏ' எனும் 'சூப்பர் நோவா' எனும் புதுவிண்மீன் வெடிப்பு நேரடியாக 'குவாந்த்-2' கருவியினால் பதிவாக்கப் பெற்றது.

நமது பால்வீதியாகிய ஆகாய கங்கை அண்ட மையத்தில் ஒளியினைக் கூட வெளிவிடாமல் கவர்ந்திழுக்கும் அதீத நிறையீர்ப்பு வாய்ந்த கருந்துளை விண்மீன் **(black-hole)** ஏதுமில்லை என்று 'மிர்' ஆய்வுகள் தெளிவுபடுத்தி யுள்ளன.

மேலும், மெகல்லன் பெரு முகில் **(Large Magellanic Cloud)**, மெகல்லன் சிறு முகில் **(Small Magellanic Cloud)** என அண்டவெளி எங்கும் எக்ஸ்-கதிர் விண்மீன்கள், துடிப்பு விண்மீன்களைத் **(pulsars)** தேடித் துருவி ஆராய்ந்தது 'மிர்'.

27

விண்வெளி வியாபாரம்

செயற்கைக்கோள்களின் தகவல் தொடர்புப் பின்னலில் நம் பூமி ஒரு கூடைப் பந்தாகி விட்டது. செயற்கைக்கோள் வர்த்தகமும் பெருகிவிட்டது.

மெகா-செயற்கைக்கோள்கள்

இந்நூற்றாண்டின் அதி ஆற்றல் 'மெகா-செயற்கைக்கோள்கள்' தயாரிப்பதில் அமெரிக்காவுக்கும், ஐரோப்பாவிற்கும் இடையே கடும் போட்டி நிலவுகிறது.

அமெரிக்காவில், ஹியூகஸ் **(Hughes)**, லாக்ஹீட் மார்டின் **(Lockheed Martin)**, 'ஸ்பேஸ் சிஸ்டம்ஸ் லோரல்' **(Space Systems Loral)** ஆகிய அமைப்புகள், முறையே 'எச்.எஸ் 702' **(HS 702)**, 'ஏ2100 வரிசை' **(A2100SERIES)**, 'லா ஃபாயத்தி' **(LA FAYATTE/FS1300)** ஆகிய விண்கலங் களையும், ஐரோப்பாவில் 'ஏரோ ஸ்பேஷியல்' **(Aerospatiale)**, 'மாத்ரா மார்கோனி ஸ்பேஸ்' **(Matra Marconi Space)** அன்றியும் ரஷிய நாட்டு 'என்.பி.ஓ' **(NPO-PM)** செயற்கைக்கோள் நிறுவனத்துடன் இணைந்து செயல்படும் 'அல்காதல் எஸ்பேஸ்' **(Alcatel Espace)** அமைப்புகள்— முறையே 'ஸ்பேஸ் பஸ் 4000' **(SPACE BUS)**, 'யூரோஸ்டார் 3000' **(EUROSTAR)**, 'எக்ஸ்பிரஸ் எம்2000' **(EXPRESS M2000)** ஆகிய செயற்கைக்கோள்களையும் உருவாக்கவுள்ளன.

இவற்றில், குறைந்த பட்சம் 100 வாட் திறன் கொண்ட 60 முதல் 100 அலையேற்றுப் பரப்பிகள் **(Transponders)** அடங்குவனவாகும். அவை 'சி-அலை வரிசை' (4–8 கிகா ஹெர்ட்ஸ்), 'கியு-அலைவரிசை' (12–18 கிகா ஹெர்ட்ஸ்), 'கா –அலைவரிசை' (27–40 கிகா ஹெர்ட்ஸ்) ஆகிய அலைவரிசைகளில் இயங்குபவை.

ரஷியாவும், சீனாவும்...

முதல் நிலை வியாபாரத் தளத்தில், ரஷியா, சீனா போன்ற நாடுகள் தங்களிடம் இருக்கும் தொழில்நுட்பங்களை வர்த்தக ரீதியில் பிற நாடுகளுக்குக் குத்தகைக்கும், வாடகைக்கும் விடுகின்றன.

ரஷியாவின் என்.பி.ஓ எனும் செயற்கைக்கோள் உற்பத்திக்கூடம் தயாரித்த ஏக்ரான், எக்ஸ்பிரஸ், கால்ஸ், கொரிசாந்த், மோல்னியா, ராதுகா போன்ற செயற்கைக்கோள்கள், உலகச் சந்தையில் அணிவகுத்து நிற்கின்றன.

உலகின் மிகப்பெரிய ஏவுகலன் தொழிற்சாலை 'க்ருனிச்சேவ்' **(Khrunichev)** எனும் 'மாநில ஆய்வு மற்றும் விண்வெளி உற்பத்தி மைய'த்தில் **(State Research and Production Space Centre)** திருத்தியமைக்கப்பட்ட 'புரோட்டான்' **(Proton)** ஏவூர்தி மற்றும் அமெரிக்க 'அட்லஸ்' ஏவுகலன்களை, ரஷியாவின் 'பன்னாட்டு ஏவுகலன் செலுத்தும் சேவை நிறுவனம்' **(International Launch Services)** கையாள இருக்கிறது. அத்திட்டத்தின் கீழ் புரோட்டானின் முதலாவது வர்த்தகப் பயணம் 1996 ஏப்ரல் 9 அன்று வெற்றிகரமாக நடைபெற்றது.

சீனச் செயற்கைக்கோள்களை உலகச் சந்தையில் நேரடியாக வாங்க முடியாதாம். சீன ஏரோஸ்பேஸ் கார்ப்பரேசனும், ஜெர்மனியின் 'தாஸா' விண்வெளிக் கூடமும் இணைந்து 'ஐரோப்பிய–ஆசிய விண்வெளி உடன் படிக்கை' செய்துகொண்டுள்ளனவாம். இதன் வழி 'டி.எஃப்.எச்-3' **(DFH-3)** எனப்படும் 'டாங்-ஃபாங்-ஹாங்' வரிசைச் செயற்கைக்கோள்களை சீனா உருவாக்கியுள்ளது.

இந்தியாவும், ஜப்பானும்...

இரண்டாவது வணிக மட்டத்தில், இந்தியா, ஜப்பான் போன்ற நாடுகளோ தத்தம் உள்நாட்டுத் தொழில்நுட்பத்தினை மேம்படுத்தி உருவாக்கிய ஏவுகலன்களையும், விண்கலன்களையும் உலகச் சந்தையில் கொண்டுசென்று நிறுத்துகின்றன.

ஏற்கெனவே 1997-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் மாதத்தில் நம் நாட்டில் இருந்து விலைக்கு வாங்கப்பட்ட வானிலை ஆய்வூர்தி **(Metereological rockets)** ஒன்றினை, 'இஸ்ப்ஜார்ன்' (அதாவது– துருவக்கரடி) என்று பெயர் மாற்றித் தனது ஸ்வல்பார்டு **(Svalbard)** ஏவுதளத்தில் இருந்து வெற்றிகரமாக விண்ணில் செலுத்தியது நார்வே.

1998-ஆம் ஆண்டு தொடக்கத்தில், ஜெர்மனிக்காக நிலநடுக் கோட்டுக்கு மேல் அயனமண்டல வானிலை ஆராய்ச்சிக் கல்விக்கென சகாய விலையில் நம் நாட்டு 'ரோகிணி' ராக்கெட் ஒன்று ஸ்ரீஹரிக்கோட்டா விண்வெளி மையத்திலிருந்து செலுத்தப்பட்டது.

இந்திய விண்வெளித் துறையின் கீழ் 'இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சி நிறுவனம்' **(Indian Space Research Organisation)**, 'ஆப்பிள்' **(APPLE)** என்னும் தகவல் தொடர்புப் பரிசோதனைச் செயற்கைக்கோளில் தொடங்கி– இன்று 'இன்சாட்' **(INSAT)** எனப்படும் 'இந்திய தேசியச் செயற்கைக்கோள்'களை **(Indian National Satellite)**ச் சொந்த ஏவுகலனால் விண்ணில் செலுத்தும் பணியில் ஈடுபட்டுள்ளது. முதலாவது தலைமுறை இன்சாட் விண்கலன்கள் அன்றைய 'ஃபோர்டு ஏரோஸ்பேஸ்' (அதுவே இன்று, 'ஸ்பேஸ் ஸிஸ்டம்ஸ்/லோரால்' என்க) நிறுவனத்துடன் செய்து கொண்ட ஒப்பந்தம் வழி அமெரிக்காவிடம் இருந்து பெறப்பட்டன. இன்றோ நமது தேவைக்குரிய செயற்கைக்கோள்களை நாமே தயாரித்து நமது சொந்த ஏவுகலன்கள் வழி செலுத்துவதனால் இந்தியா விண்வெளி நவீனத் தொழில்நுட்பத் துறையில் தன்னிறைவு கண்டு வருகிறது.

இந்தியாவின் இந்தியத் தொழிற்துறைகளின் கூட்டமைப்பு **(Confederation of Indian Industries)** மாநாடு 2002 ஜூன் 5 அன்று பெங்களூரில் நடைபெற்றது. அதில் ஏறத்தாழ 500 தொழிற்கூடங்களின் பிரதிநிதிகள் கலந்து கொண்டனர். விண்வெளித் துறையின் பல்வேறு தொழில்நுட்பங்களை இந்தியத் தொழில்துறைகளோடு பகிர்ந்து கொள்ளும் முயற்சியாகும் அது. ஏற்கெனவே விண்வெளியின் 245 தொழில்நுட்பங்கள் இந்தியத் தொழில் துறைகளுக்கு மாற்றலாகி உள்ளன.

இந்தியத் தொழில்துறைகளின் கூட்டமைப்பிற்கு உள்நாட்டில் 30 இடங்களிலும், ஆஸ்திரேலியா, ஆஸ்திரியா, பிரான்சு, ஹங்கேரி, இஸ்ரேல், சிங்கப்பூர், தென் ஆப்பிரிக்கா, இங்கிலாந்து, அமெரிக்கா, ஹாங்காங் ஆகிய பத்து நாடுகளிலும் அலுவலகங்கள் உள்ளன. மொத்தத்தில் உலகின் 92 நாடுகளில் உள்ள 191 தொழில்நிறுவனங்களுடன் இந்த அமைப்பு தொடர்பு கொண்டு இயங்குகிறது.

ஏற்கெனவே 'அன்ட்ரீக்ஸ் கார்ப்பரேசன்' **(Antrix Corporation)** எனும் உள்நாட்டு அரசு வர்த்தக முகமை வழி பல்வேறு விண்வெளித் தொழில் நுட்பங்களை உலக நாடுகளுக்கு விற்பனை செய்து வருகிறோம். அதன்வழி அந்நியச் செலாவணியும் நமக்குக் கிடைக்கிறது.

1995 ஜனவரி 30 அன்று இந்திய விண்வெளித்துறை 133 நாடுகள் அடங்கிய 'பன்னாட்டுத் தொலைத்தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள் நிறுவனம்' **(International Telecommunications Satellite Organisation)** ஆகிய 'இன்டெல்சாட்' **(INTELSAT)** அமைப்பினோடு செய்து கொண்ட ஒப்பந்தத் தின்படி, இன்சாட் 2இ செயற்கைக்கோளின் 11 அலையேற்றுப் பரப்பிகள் டிரான்ஸ்பாண்டர்கள், இன்டெல்சாட்டுக்குக் குத்தகைக்கு விடப்பட்டன.

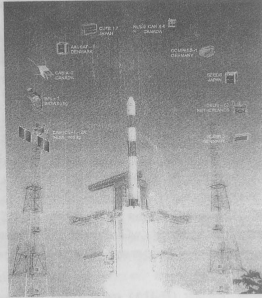
1995 பிப்ரவரி 2 அன்று அமெரிக்காவின் 'இயோசாட்' **(EOSAT)** கம்பெனியுடன், இந்தியாவின் அன்ட்ரீக்ஸ் கார்ப்பரேசன் 'கலிஃபோர்னியாவில் செய்து கொண்ட 'புரிந்துணர்வு ஒப்பந்தம்' **(Memorandum of Understanding),** அடுத்த பத்து ஆண்டுகளுக்கு இந்தியத் தொலையுணர்வுச் செயற்கைக் கோள் படங்களை அந்நாட்டுக்கு விற்க வகை செய்துள்ளது.

இன்றுவரை கொரியத் தொழில்நுட்பப் பயிற்றகத்தின் 110 கிலோ 'கிட்சாட்' **(KITSAT)**, ஜெர்மன் நாட்டு பெர்லின் தொழில்நுட்பப் பல்கலைக் கழகத்தின் 45 கிலோ 'டப்சாட்' **(TUBSAT)** ஆகிய இரண்டு செயற்கைக் கோள்களையும் நம் நாட்டு ஐ.ஆர்.எஸ் **(IRS-P4)** என்னும் இந்தியத் தொலை யுணர் செயற்கைக்கோள்களுடன் 'பி.எஸ்.எல்.வி-சி2' **(PSLV-C2)** எனும் துருவப் பாதைச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலத்தினால் 1999 மே 26 அன்று விண்ணில் செலுத்தினோம்.

தொடர்ந்து 2001 அக்டோபர் 22 அன்று ஜெர்மன் நாட்டு 92 கிலோ 'பேர்டு' **(BIRD)** எனப்படும் 'இரட்டை அலைமாலை மற்றும் அகச்சிவப்புத் தொலைவுத் துலக்கி' **(Bispectral and Infrared Remote Detection)** ஆகிய செயற்கைக்கோளும், பெல்ஜியம் நாட்டின் 94 கிலோ 'புரோபா' **(PROBA)** எனப்படும் 'தளத் தானியங்கு செயற்கைக்கோள்' **(Project for OnBoard Autonomy)** எனும் செயற்கைக்கோளும் நம் நாட்டு 'பி.எஸ்.எல்.வி-சி3' **(PSLV-C3)** ஏவுகலன் உதவியால் 'தொழில்நுட்பப் பரிசோதனைச் செயற்கைக் கோளுடன்' விண்ணில் செலுத்தப்பட்டன.

பி.எஸ்.எல்.வி-சி7 ஏவுகலம் நம் நாட்டு 'கார்ட்டோசாட்-2' மற்றும் 'விண் கூடு மீட்புப் பரிசோதனை' **(Space-Capsale Recovery Experiment)** யுடன் இந்தோனேசியாவின் முதலாவது தொலையுணர்வுச் செயற்கைக்கோளான 'லப்பன் டப்சாட்' **(LAPAN-TUBSAT)** 'பியூஹன்சாட்' **(Pehuensat)** ஆகியவற்றையும், செலுத்தியது.

ஆயின் 2008 ஏப்ரல் 28 அன்று ஏவப்பட்ட பி.எஸ்.எல்.வி-சி9 விண்ணூர்தி, இந்தியாவின் 'கார்ட்டோசாட்-2 ஏ' உட்படப் பத்து வெளிநாட்டுச் செயற்கைகோள்களை விண்வெளிக்கு எடுத்துச் சென்றது. (படம் 27:1)



படம் 27.1: பி.எஸ்.எல்.வி.-சி9 ஏவுகலனும் அது பறக்கவிட்ட 10 செயற்கைக்கோள்களும்

உள் நாட்டில் பல்கலைக் கழகங்களுடன் இணைந்து செயற்கைக் கோள் வடிவமைக்கும் திட்டங்களும் இந்தியாவில் நிறைவேறி வருகின்றன. முதன் முறையாக அண்ணா பல்கலைக் கழகம், இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனத்துடன் இணைந்து ஐந்தரை கோடி ரூபாய் நிதி ஒதுக்கீட்டில் 38 கிலோ அளவிலான 'நுண் செயற்கைக்கோள்' **(Micro Satellite)** ஒன்றைத் தயாரித்தது. அண்ணா பல்கலைக்கழகச் செயற்கைக்கோள் **(Anna University Satellite)** என்பதனால் அதற்கு 'அணுசாட்' **(ANUSAT)** என்பது சுருக்கப் பெயர். இந்த 'அணுசாட்' செயற்கைக்கோள் 2009 ஏப்ரல் 20 அன்று பி.எஸ்.எல்.வி.சி-12 ஏவுகலனால் விண்ணில் செலுத்தப்பெற்றது. அத்துடன் அயல்நாட்டு 'ரிசாட்-2 எனப்படும் 'ரேடார் பிம்பப்பதிவுச் செயற்கைக்கோ'ளும் **(Redar Imaging Satellite)** விண்சுற்ற அனுப்பப்பட்டது.

2009 செப்டம்பர் 23 அன்று ஸ்ரீஹரிக்கோட்டா ஏவுதளத்தில் இருந்து செலுத்தப்பெற்ற பி.எஸ்.எல்.வி.சி-14 ஏவுகலனில், நம் நாட்டு 'ஓஷன்சாட்-2' எனும் இரண்டாவது கடலாய்வுச் செயற்கைக்கோளுடன் ஆறு ஏனைய செயற்கைக்கோள்களும் அனுப்பப்பட்டன. அவற்றுள் ஜெர்மனியின் ஊஸ்பர்க் பல்கலைக் கழகத்தின் பரிசோதனைச் செயற்கைக்கோள் 'யுடபிள்யு.இ-2' (**UWE-2**), பெர்லின் தொழில்நுட்பப் பல்கலைக் கழகத்தின் 'பீசாட்' (**Beesat**), துருக்கி நாட்டு இஸ்தான்புல் தொழில்நுட்பப் பல்கலைக் கழகத்தின் 'ஐடியு-பிசாட்-1' (**ITU-pSAT1**), சுவிட்சர்லாந்தின் வாயுசான் மாநிலப் பல்தொழில் கல்வியகம் தயாரித்த 'ஸ்விஸ் கியூப்' (**Swiss Cube**) ஆகிய நான்கு அயல்நாட்டுச் செயற்கைக்கோள்களும் அடங்குவனவாகும்.

இதே தொழில்நுட்ப ஆர்வத்தோடும், வேகத்தோடும் முன்னேறி வருகிறது ஜப்பான். மிட்ஸுபிஷி, தோஷிபா, நிப்போன் நிறுவனங்கள் அனைத்துமே செயற்கைக்கோள் தயாரிப்புக் களத்தில் இறங்கி விட்டன. 'காமட்ஸ்' (**COMETS**) எனப்படும் தகவல் தொடர்புப் பொறியியல் பரிசோதனைச் செயற்கைக்கோள் (**Communications Engineering Test Satellite**) இன்று ஜப்பானியக் கருவறையில் உள்ளது. அமெரிக்காவுடன் இணைந்து 'இ.டி.எஸ்' (**ETS**) எனும் பொறியியல் பரிசோதனைச் செயற்கைக்கோளையும் ஜப்பான் உருவாக்க உள்ளது.

தவிரவும், தமது எச்-2ஏ (**H-IIA**) எனும் புதிய ஏவுகலத்தினை வணிக முறையில் விண்வெளிச் சந்தையில் புகுத்தவிருக்கிறது ஜப்பான்.

தென்கொரியா

மூன்றாவது நிலையில், தென்கொரியா போன்ற நாடுகள் அந்நியப் பல்கலைக் கழகங்கள் வழிப் போதிய பயிற்சி பெற்று, விண்வெளித் தொழில் நுட்பத் திறமையினை மேம்படுத்திச் சொந்தமாக விண்வெளி வாணிபத்தில் ஈடுபட விழைகின்றன. இதற்கென தென்கொரிய முதுகலை மாணவர்கள் இங்கிலாந்தில் விண்வெளித் துறைப் பயிற்சி பெற்றும் வருகின்றனர்.

இவ்வாறாக, விண்வெளித் துறையில் இன்று உலக அளவில் வர்த்தகம் நடைபெற்று வருகின்றது.

28

விண்வெளிக் குப்பைகூளங்கள்

1957 அக்டோபர் 4 அன்று சோவியத் ரஷியா செலுத்திய உலகின் முதலாவது செயற்கைக்கோளிலிருந்து இன்றுவரை, 3000 ஏவுகணைகள் மூலம் குறைந்த பட்சம் 3600 செயற்கைக்கோள்கள் புவியைச் சுற்றிப் பறக்கவிடப் பட்டுள்ளன. இயங்கிவரும் அறிவியல் மற்றும் ஆய்வுப் பயன்பாட்டுச் செயற்கைக்கோள்கள் தவிர, செயலற்றுப்போனவை, காலாவதியானவை, செத்துப்போனவை எனப் பலதரத்தில் விண்சுற்றித் திரியும் செயற்கைக் கோள்கள், காற்று விண்வெளியில் சுழற்றிவிடப்பட்ட ஏவுகணைகளின் இறுதிக் கட்ட ஏவூர்திப் பொறிகள், உடைந்த துண்டுகள் என ஏறத்தாழ 6 இலட்சம் துணுக்குகள் விண்ணில் தாறுமாறாகச் சுற்றி வருகின்றன.

'நாசா' **(NASA)** எனப்படும் 'தேசிய காற்றுப் பயண, விண்வெளி நிருவாகத்தின் **(National Aeronautics and Space Administration)** கீழ் இயங்கும் 'கொட்டார்டு விண்வெளிப் பயண மையம்' **(Goddard Space Flight Centre)** விண்சுற்றுப் பாதையில் இன்று வரை 19,000 துணுக்குகளைத் தடம் பிரித்துக் கண்காணித்துள்ளது. அவற்றுள் பல நாடுகளைச் சார்ந்த செயற்கைக்கோள்கள் வானிலை ஆய்வு **(Meteorology)**, தொலைத் தகவல் தொடர்பு **(Telecommunication)**, தொலை உணர் **(Remotesensing)** போன்ற ஆக்கப்பூர்வத் துறைகளுக்கு உரியவை; மேலும், அந்நிய நாட்டு இராணுவ நடவடிக்கைகளை வேலி வரம்பற்ற விண்வெளியில் இருந்தவாறே உற்றுப் பார்த்து உளவாடும் வேவுச் செயற்கைக்கோள்கள் **(Reconnaissance Satellites)** பலவும் அதனில் அடங்கும்.

தவிர பெயிண்டு உதிரிகள், அலுமினியம் ஆக்ஸைடு பொடி உட்பட ஒரு விரல் கனத்திற்கும் சிறிதான அற்பத் துகள் வகையறாக்கள் எண்ணிக்கை யில் 60,000-ஐ எட்டிப்பிடித்து விட்டனவாம்! பூமியிலிருந்து 400 கிலோமீட்டர்

உயரத்தில் சுற்றிவரும் துணுக்குகளில் 5 சென்டிமீட்டர் பருமனுள்ளவை ரேடார்களின் பார்வையில் அகப்படும். ஆயின், 1000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் திரியும் ஒட்டை உடைசல்களை உருத்துலக்க அவை கிட்டத்தட்ட உள்ளங்கை அளவேனும் உடையதாக இருக்க வேண்டும். எப்படியோ இந்த குப்பை கூளங்கள் விண்வெளியையும் அசுத்தப்படுத்தி வருகின்றன என்பது மட்டும் உண்மை.

விண்வெளியில் பறந்தவாறே வானவியல் ஆய்வு புரிய அமெரிக்காவின் 'நாசா' நிறுவனமும், ஐரோப்பிய விண்வெளி முகமையும் **(European Space Agency)** இணைந்து செலுத்திய ஹப்பிள் விண்வெளித் தொலைநோக்காடி **(Hubble Space Telescope)**, ஐரோப்பிய 'ஹிப்பார்கோஸ்' செயற்கைக்கோள் **(Hipparcos Satellite)** போன்றவற்றின் செயல்பாட்டில் இத்தகைய விண் வெளித் துண்டங்கள் குந்தகம் விளைவிக்கக் கூடும் என அறிஞர்கள் கருதுகின்றனர். அதாவது இத்துண்டுத் துக்கடாக்களில் பட்டுத் தெறிக்கும் ஒளிப்பிரதிபலிப்புகள், தொலைநோக்காடியின் சூக்கும ஆய்வுகளுக்கு இடையூறு பயப்பதோடன்றி, அச்சிறு துணுக்குகளின் மோதலால் தொலைநோக்காடி அல்லது செயற்கைக்கோளுக்கே ஆபத்து உண்டாகும் எனவும் அஞ்சப்படுகிறது.

ஸ்கூட்டரில் 'பறந்து' செல்லும்போது, கொசு வந்து கண்ணில் மோதினால், கண் சிவந்து கலங்கிப் போவதைப் போலவே பட்டாணிக் கடலை அளவிலான சிறு உருண்டைப் பொருள் வந்து மணிக்கு 32000 கிலோ மீட்டர் வேகத்தில் அதிவிரைவாக இயங்கும் ஒரு செயற்கைக்கோளில் மோதினால் ஏற்படும் பாதிப்பும் அசாத்தியமானது! பொருள் நஷ்டமும் கிட்டத்தட்ட 100 மில்லியன் டாலர்கள்; அதாவது நம் நாட்டு நாணயத்தில் 470 கோடி ரூபாய்க்கும் அதிகமாக இருக்கும். எனினும் ஒரு கிரிக்கெட் பந்து அளவிலான துண்டத்தினால், 17 ஆண்டுகள் ஆயுட்கால ஹப்பிள் விண்வெளித் தொலைகாட்டிக்கு ஏற்பட இருக்கும் விபத்து நிகழ்தகவு **(Probability)** நூற்றுக்கு ஒரு முறை என்னும் முறையில் அருகிய வாய்ப்பாகவே இருக்கிறதாம்.

ஆளில்லாமல் சுற்றிவரும் விண்கலன்களில் கல் எறிதலுக்கு ஒப்பான இந்த விபரீதங்கள் விண்வெளி வீரர்களைச் சுமந்து செல்லும் விண்வெளி ஓடத்தில் **(Space Shuttle)** நிகழ்ந்தால் விளைவின் கொடுமையை விவரிக்க இயலாது.

1983-இல் செலுத்தப்பட்ட 'சாலஞ்சர்' **(Challenger)** விண்வெளி ஓடத்தின் காற்றுத் தடுப்புக் கவசமான ஜன்னல் ஒரு பெயிண்ட் துணுக்கினால் கீறிப்போனதாம்! அதனை மாற்றி அமைக்க செலவு 50000 டாலர்கள் ஆகும்.

1982 ஏப்ரல் 19 அன்று சோவியத் ரஷியா செலுத்திய 'சல்யூத்-7' **(Salyut-7)** எனும் விண்வெளி நிலையத்தின் ஜன்னலும் ஒரு சிறு விண்வெளித் துணுக்கினால் உடைபட்டுச் சேதமுற்றதாக அறிக்கைகள் தெரிவிக்கின்றன.

இவ் விண்வெளி நிலையத்திற்கு வரலாற்று முக்கியத்துவம் வாய்ந்த வேறொரு சிறப்பு ஒன்றும் உண்டு. 1982 மே 13 அன்று பைக்கனூர் **(Baikonur)** ஏவுதளத்தில் இருந்து 'சோயுஸ்-டி-5' **(Soyuz-T-5)** எனும் ஏவூர்தியினால் 'சல்யூத்-7' விண்வெளி நிலையத்தினைச் சென்று அடைந்த 'அனாடோலி பெரிசோவொய்' **(Anatoly Berezovoy)**, 'வாலென்டின் லெபிதெவ்' **(Valentin Lebedev)** என்ற இரு வீரர்களும் மறுநாளே அங்கிருந்தவாறு 'இஸ்க்ரா-2' என்ற வானொலிச் செயற்கைக்கோளினை **(Radio Satellite)** விண்ணிற் செலுத்தினர்.

விண்வெளியிலோர் 'குறு பைக்கானூர்' **(Mini Baikonur)** போன்ற ஏவுதளத்தை நிறுவியது, உலக விண்வெளி வரலாற்றில் இதுவே முதன் முறையாகும். 23 கிலோகிராம் எடையும் அரை மீட்டர் நீளமும் கொண்ட அந்த 'இஸ்க்ரா' செயற்கைக்கோளானது மாஸ்கோவில் ஓர்ட்ஸ் ஹோனி கிட்ஸ் வானூர் பயண நிறுவனத்தின் **(Ordzhonikidze Aviation Institute)** மாணவர்களால் உருவாக்கப்பட்டதாகும்.

எதிர்ச் செயற்கைக்கோள் அமைப்பு

'அசாட்' **(Asat)** என்று ஆங்கிலத்தில் சுருக்கமாக அழைக்கப்பெறும் எதிர்ச் செயற்கைக்கோள் **(Anti Satellite)** அமைப்பின் கீழ் நடத்தப்படும் பரிசோதனைகளால் பிரச்சினை மேலும் அதிகரித்துள்ளது. அதாவது ஒரு நாட்டின் தகவல் தொடர்பு, பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்களின் **(Navigation Satellite)** செயல்பாட்டில் குழப்பம் விளைவிக்க, மற்றொரு நாடு தன் கைங்கரியமாக வேறொரு செயற்கைக்கோளினை விண்ணிற் செலுத்துவதே இப் பரிசோதனையாகும். அதன்வழி தனது செயற்கைக்கோளை இடைவழியில் வேண்டுமென்றே வெடித்துச் சிதறடித்துப் பிறநாட்டுப் பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்களின் இயக்கத்தில் குளறுபடிகளை உருவாக்குவதே எதிர்ச் செயற்கைக்கோளின் அடிப்படை நோக்கம் ஆகும்.

1965 பிப்ரவரி மாதத்தில் அமெரிக்க நிலப்பரப்பின் நேர் மேலாக விண்ணில் ரஷியாவின் 'காஸ்மாஸ் 57' **(Cosmos 57)** என்ற விண்கலம் ஒன்று வெடித்துச் சுக்கு நூறாகச் சிதறிற்று.

அமெரிக்கச் செயற்கைக்கோள்களுக்கு எதிராக ரஷியா நடத்திய கவனமான எதிர்த்திட்டமாகச் சிலர் இதைச் சந்தேகித்தனர்; இருந்தாலும் உண்மையில் அமெரிக்காவுக்குள் சென்று அவ்விண்கலம் விழவிருந்த விபத்தைத் தடுக்கும் முயற்சியே அது என்று ரஷியா அறிவித்தது.

செலஸ்டிஸ் திட்டம்

தவிர அமெரிக்காவின் எதிர்ச் செயற்கைக்கோள் அமைப்புகளும், போர் வியூகப் பாதுகாப்பு நடவடிக்கைகளும் **(Strategy Defence Initiative = SDI)** விண்வெளியில் பிண்டச் சிதறல்களைக் கணிசமாகப் பெருக்கிவிட்டன. இதில் இன்னுமொரு செய்தி என்னவென்றால், நோய்வாய்ப்பட்டு இறந்த எரிக்கப்பட்டவர்களின் சடலங்களின் எலும்பையும் சாம்பலையும் பூமிக்கு வெளியே ஒரு செயற்கைக்கோளில் நிறைத்து அந்தரத்தில் நிரந்தரமாகப் பறக்க விட 'செலஸ்டிஸ்' என்றதொரு வினோதத் திட்டத்தையும் அமெரிக்கா வகுத்துள்ளது.

போதாக்குறைக்கு விண்கலன்களில் நீண்ட காலம் பயணம் புரிபவர்களின் இயற்கை உபாதைக் கழிவுப் பொருட்களும் மூடிய பெட்டிகளுக்குள் இடப்பட்டு விண் வெளியில்தான் வீசி எறியப்படுகின்றனவாம்; அங்கே அவை எரிந்து கரிந்து நீறாகிப் போகும்.

இவற்றுக்கெல்லாம் ஒரு முடிவு இல்லை என்றபோதிலும், இதுகுறித்துக் 'கவலைப் படலாமே' என்று ஐரோப்பிய விண்வெளி அமைப்பின் 'விண்வெளி சிதை கழிவுப் பணிக் குழு'வின் **(Space Debris Working Group)** அந்நாள் செயலாளரான டாக்டர் வால்டர் ஃப்ளரி **(Dr. Walter Flury)** கருத்துரைத்துள்ளார்.

வானிலை ஆய்வு மற்றும் தொலைத்தகவல் தொடர்புக்கென பூமிக்கு வெளியே 36,000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதிக்கு **(Equatorial region)** மேலாக நீள் வட்டப் பாதையில் சுற்றிவரும் செயற்கைக் கோள்கள் பலவும் தமக்கென நிர்ணயிக்கப்பட்ட ஆயுட்காலம் முடிந்து செயலிழந்து, உயிரிழந்து புவிசுற்றும் 'பிணங்க'ளாக விண்ணில் திரியக் கூடும். அங்ஙனம் 'இறந்து' போன செயற்கைக்கோள்களை, புவிநிலை வட்டப் பாதைக்கும் அப்பால் வெகு தொலைவில் 'சவக்குழிப் பாதை'க்கு **(graveyard orbit)** உயர்த்தித் தள்ளி ஒதுக்கி விடுதல் பாதுகாப்பானது என்று ஐரோப்பிய விண்வெளி அமைப்பு கருத்து தெரிவிக்கின்றது.

ஆனாலும் தாழ் புவி வட்டப் பாதையில் **(Low earth orbit)** சுற்றிவரும் உடைசல் துண்டுகளால், மனித விண்வெளிப் பயணத்தில் எழும் பிரச்சினை களும் ஏராளமாகும்.

அணு ஆயுதப் பரிசோதனைகள்

1960ஆம் ஆண்டு ரஷியா செலுத்திய 'காஸ்மாஸ்-4' எனும் விண்கலம் அமெரிக்காவின் விண்வெளி அணு ஆயுத வெடிப்புப் பரிசோதனையில் வெளிப்பட்ட கதிர்வீச்சுக்களை அளவிட்டது.

எனினும் 1978ஆம் ஆண்டில் 'காஸ்மாஸ் 954' விண்ணில் இருந்து கனடாவை நோக்கி வந்து விழப்போவதை அமெரிக்க நாசா நிறுவனம் முன்னறிவித்தது. இவ் விண்கலத்தின் கதிரியக்கக் குப்பைகள் கனடாவின் 'கிரேட் ஸ்லேவ் லேக்' **(Great Slave lake)** எனப்படும் 'பெரிய அடிமை ஏரி' ஒன்றில் விழுந்து பரவியதாம்!

இத்தகைய அணுக்கரு அபாயத்தைத் தவிர்க்கும் நேர்முகத்துடன் பின்னாளில், தயாரித்த விண்கலங்களில் போதிய பாதுகாப்பு வசதிகளை ரஷியா உட்படுத்திற்று. அதனாலேயே பிந்தைய 'காஸ்மாஸ் 1402' விண்கலம் வெடித்து அதன் கதிரியக்கப் பொருட்கள், புவி சூழ்ந்த வளிமண்டலத்துள் **(atmosphere)** நுழையுமுன் விண்வெளியில் வைத்தே வெளியேற்றப்பட்டன. கதிர்வீச்சுடைய யுரேனியம் எனும் தனிமமானது, வெப்பத்தால் ஆவியாகி, இந்துமகாக் கடலின் மேல் காற்று மண்டலத்தில் பரவியது.

சமீபத்தில் கூட 'காஸ்மாஸ் 1900' செலுத்திய கதிரியக்கச் சுமைகொண்ட செயற்கைக்கோள், பாதை நழுவி புவிநோக்கி இறங்கி விழவிருப்பதாகத் தகவல்கள் வெளிவந்தன. 1982ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் 12 அன்று ஏவப்பட்ட இவ் விண்கலம் வானிலிருந்து எங்கே வழுக்கி விழுந்துள்ளதோ, தெரியாது. 1988 ஏப்ரல் மாதத்திற்குப் பிறகு அவ் விண்கலன் தன் கட்டுப்பாட்டுத் தொடர்பையும் இழந்து விட்டதால்தான் ரஷியா தனது முன்னறிவிப்பை வெளியிட்டது. அதனுள் 10 கிலோவாட் திறன் கொண்ட 'டோபாஸ்' **(Topaz)** என்ற சிறியதோர் அணுக்கரு உலை நிறுவப்பட்டு இருந்ததாம். அணுச் சக்தியூட்டம் பெற்ற அவ் விண்கலம், 'ரோர்சாட்' **(RORSAT)** எனப்படும் 'ரேடார் கடல் வேவுச் செயற்கைக்கோள்' **(Radar Ocean Reconnaissance Satellite)** ஆகும்.

இதுவரை அணுக்கரு உலை கொண்ட முப்பதுக்கும் மேற்பட்ட செயற்கைக் கோள்களை ரஷியா விண்ணிற் செலுத்தியுள்ளது. பரிசோதனைச் செயல்பாடு நிறைவுறும் தருவாயில் அவற்றை (ஏறத்தாழ 400 கிலோமீட்டர்) தாழ் புவி வட்டப்பாதையில் இருந்து 900 கிலோமீட்டர் உயரச் சுற்றுப் பாதைக்கு உந்தித் தள்ளி விடுகின்றது. 104 நிமிடங்களுக்கொரு முறை புவிசுற்றி வரும்

இக் கதிரியக்கச் செயற்கைக்கோள்கள் பல்லாண்டு காலம் விண்ணில் நிலைபெறும்.

இந்நிலை தொடர்ந்தால் வரும் ஆண்டுகளில் செறிவூட்டப்பெற்ற யுரேனியம்- 235 எனும் அணுக்கரு எரிபொருளின் மொத்த நிறை, ஒரு டன்னுக்கும் அதிகமாக இருக்குமென மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது!

காற்று மண்டலத்தில் கரியமிலவாயு பெருகிவருகிறது என்றும், ஓசோன் படம் சுருங்கி வருகிறது என்றும் அஞ்சித் தவிக்கும் நாம் வல்லரசுகளின் வரையறையற்ற விண்வெளிப் பரிசோதனைகளின் விளையக்கூடும் அபரிமித அபாயங்களைக் கண்டு கொள்ளாமல் இருக்க வேண்டாமே!

எனினும் இவ் விண்வெளிக் குப்பை கூளங்களைப் பொறுக்கி அள்ளித் திரட்ட அருமையானதொரு செயற்கைக்கோள் அமைப்பினை முன்மொழிந் துள்ளார் மைக்கேல் ஃபோக் **(Michael Flok)** எனும் அமெரிக்க விஞ்ஞானி.

29

எதிர்கால ஏவூர்திப் பொறிகள்

திண்ம உந்து எரிபொருட்களும் **(Solid propellants)**, நீர்ம உந்து எரிபொருட்களுமே **(Liquid propellants)** முறையே சார்ஜெண்ட் (Sergeant), போலாரிஸ் **(Polaris)**, மினிட்மேன் **(Minuteman)** போன்ற வீச்சுக்கணை களிலும் **(ballistic missiles)**, தோர் **(Thor)**, அட்லஸ் **(Atlas)**, டைட்டன் **(Titan)** போன்ற விண்கணைகளிலும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த 'ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்கள்' யாவும் வேதியியல் சார்ந்தவை; வேதியியற் பொருள்கள் கலப்பு முறை, சேர்மான விகிதம், கலப்பு விகிதம், தயாரிப்பு முறை, சேமிப்பு முறை, தீப்பற்று நிலை போன்ற பண்புகள் சார்ந்தும் பல உட்பிரிவுகள் கொண்டவை.

ஆயின் வேதியியற்பொருள்கள் சாராத உந்து பொறிகளும் ஆய்வுக்கு உரியன. பொதுவாக, அணுக்கரு ஆற்றல் **(Nuclear energy)**, மின்னாற்றல் **(Electrical Energy)**, 'லேசர்' **(Laser)**, சூரிய ஆற்றல் **(Solar Energy)** ஆகியவற்றினால் இயங்கும் பிற வகை ஏவூர்திப் பொறிகளை, ஒட்டுமொத்தமாக 'வேதியியல் சாரா உந்தும அமைப்பு' **(non-chemical propulsion system)** என வழங்கு கிறோம்.

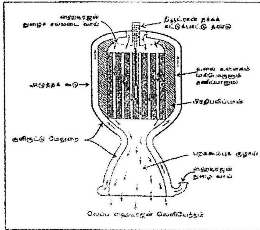
1. அணுக்கரு ஏவூர்திப் பொறி (Nuclear rocket engine)

அணுக்கரு ஆற்றலானது, அணுக்கருப் பிளவு **(Nuclear Fission)**, அணுக்கருப் பிணைவு **(Nuclear Fusion)**, கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் **(Nuclear Isotopes)** ஆகிய மூன்று முக்கிய வழிகளில் பெறப்படுகின்றது.

வேதியியல் உந்து எரிபொருட்கள் உருவாக்கும் வெப்பநிலை மற்றும் கனற்சி வினைப் பொருட்களின் மூலக்கூறு, எடை ஆகிய அடிப்படைப்

பண்புகள் ஏவூர்திப் பொறி இயக்கத்தில் முக்கியமானனவை. அதன் வெப்ப வளிமங்கள் ஊட்டும் 'பலன்தரு வெளியேற்ற விரைவு', நொடிக்கு அதிகபட்சம் 5 கிலோ மீட்டர்கள் வரை அமையும். இது லூனிக் **(Lunik)**, பயோனியர் **(Pioneer)** போன்று சூரியனைச் சுற்றிவரச் செலுத்தப்பட்ட ஏவுகலன்களின் விரைவினை விடச் சற்றுக் கூடுதலாகும். ஆனால், குறைந்த மூலக்கூறு எடை கொண்ட ஹைடிரஜனோ, ஏறத்தாழ 2200 பாகை சென்டிகிரேடு வெப்பநிலையில் நொடிக்கு 7.5 கிலோமீட்டர் வரை விரைவூட்ட வல்லது. இத்தகைய அதிஉயர் வெப்பநிலையினை உருவாக்குவதற்கு அணுக்கரு உலைகள் **(Nuclear reactors)** ஏற்றவை.

(அ) அணுக்கருப் பிளவு ஏவூர்திப் பொறி (Nuclear Fission Rocket Engine) (படம் 29:1)



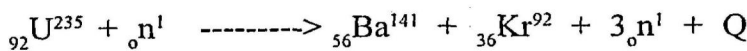
படம் 29.1 : அணுக்கருப் பிளவு ஏர்வூதி

அணுக்கருப் பிளவின்போது வெளிப்படும் கதிர்வீச்சினாலும், இயக்க ஆற்றலாலும், காமா **(Gamma)**க் கதிர்வீச்சினாலும் உருவாகும் உயர் வெப்பத்தி னாலும் ஏவூர்திப் பொறியை இயக்கலாம். இங்கு எரிபொருளுக்குப் பதிலாக ஏதேனுமொரு 'செயல்பாடு பாய்மம்' **(Working Fluid)** பயன்படும். இதுவே அணுக்கரு ஏவூர்திப் பொறியில் 'உந்து எரிபொருளா'கச் செயலாற்றுகிறது. இந்த 'உந்து எரிபொருள்' **(Propellant)**, பொதுவாக வேதியியல் ஏவூர்திப் பொறியில் பயன்படும் உந்து எரிபொருளைப் போன்றது அன்று. இங்கு எரிபொருள் **(Fuel)**, ஆக்சிகரணி **(Oxidizer)** ஆகிய இரண்டின் கலவையோ, கோவைப் பொருளோ இடம்பெறவில்லை! அது வெறும் 'செயல்படு பாய்ம'ப் பொருள் மட்டுமேயாகும்.

சாதாரணமாக, இயற்கையில் கிடைக்கும் யுரேனியத்தில் ஏறத்தாழ 0.7 சதவீதம் யுரேனியம் - 235 (**Uranium-235, U_{235}**) உள்ளது. செறிவூட்டிய யுரேனிய எரிபொருளில் (**enriched Uranium Fuel**) யுரேனியம்-235 ஐசோடோப்பு (**Isotope**, தமிழில் 'சமவெண்தனிமம்') அதிக அளவில் காணப்படும். இத்தகைய செறிவூட்டப்பட்ட யுரேனியம்-235 மற்றும் புளூட்டோனியம் - 239 (**Plutonium-239, Pu_{239}**) போன்ற 'எரிபொருட்'களால் (**Fuels**) இயங்கும் ஏவூர்திப் பொறி மிகவும் எடை குறைந்ததாகவும், கையாளுதற்கு எளிமையானதாகவும் அமையும். பொதுவாக, அணுக்கரு ஏவூர்திப் பொறியில் யுரேனியம் எரிபொருள் தனது ஆக்சைடு (**Oxide**) அல்லது கார்பைடு (**carbide**) இனக் கூட்டுப்பொருளாகவே கையாளப்படுகிறது. இது திண்ம, நீர்ம அல்லது வளிம நிலைகளில் அமையலாம்.

(i) திண்ம உள்ளக அணுக்கரு உலை (**Solid Core Nuclear Reactor**): செறிவூட்டப் பட்ட யுரேனியம் எரிபொருள், தண்டுகளாக அடுக்கப்பட்டு கிராஃபைட்டுத் தணிப்பானுடன் (**Moderator**) வெப்ப அணுக்கரு உலை (**Thermal reactor**) கட்டமைக்கப்படும். அமெரிக்காவின் 'நெர்வா' (**NERVA**) எனப்படும் திட்டத் தின் கீழ் இத்தகைய அணு உலை பொறி நிறுவப்பட்டது. இது 'ஏவூர்திப் பயன்பாட்டு அணுக்கருப் பொறி' (**Nuclear Engine for Rocket Vehicle Application**) ஆகும். இதில் நொடிக்கு 16000 கிலோமீட்டர் தொடக்க வேகத்தில் வரும் நியூட்ரான்கள் (**Neutrons**) 1 கிலோமீட்டர் என்னும் மந்த நிலைக்கு வேகம் தணிவிக்கப்படும். இந்த 'நெர்வா' பொறியில் நீர்ம ஹைடிரஜன் ஏறத்தாழ 2200 பாகை சென்டிகிரேடு வெப்பநிலை அடைவதால் அதன் ஒப்பு விசை எண் (**Specific Impulse**) 825 நொடிகள் ஆகும்.

U^{235} அணுக்கருப் பிளவினைக் கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டால் குறிக்கலாம்.



$${}_{92}U^{235} + {}_{o}n^{1} \text{ ---------> } {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{92} + 3{}_{o}n^{1} + Q$$

இதில் ${}_{92}U^{235}$ என்பது யுரேனியம். அணு எண் (**atomic number**) 92; அணுஎடை (**atomic weight**) 235 கொண்டது.

${}_{o}n^{1}$ என்பது ஓரலகு எடை கொண்ட நியூட்ரான்; மின் நடுநிலையுடையது (Electrically neutral).

${}_{56}Ba^{141}$ என்பது பேரியம் (**Barium**). அணு எண் 56; அணு எடை 141.

${}_{36}Kr^{92}$ என்பது கிரிப்டான் (**Krypton**). அணு எண் 36, அணு எடை 92.

Q என்பது வெப்ப ஆற்றல் (**Heat energy**) = 5×10^{9} கிலோ கலோரி/மூலக்கூறு. யுரேனியம்-235 அணுக்கருப் பிளவில் வெளிப்படும் புதிய

நியூட்ரான்களே, மீண்டும் புதிய U^{235} அணுக்கருவைப் பிளக்க உதவுவதால் இது ஒரு தொடர்வினை ஆகும்.

வெப்ப அணுக்கரு உலைகளில் கரி **(Carbon)**, கனநீர் **(Heavy Water, Deuterium Oxide – D_2O)**, பெரிலியம் ஆக்சைடு **(Beryllium Oxide – BeO)** போன்ற தணிப்பான்கள் பயன்படுத்தப்படும். ஆயினும் இங்குப் பெரும்பாலும் திண்ம உள்ளக உலைகளில் கரித் தண்டுகளே இடம்பெறுகின்றன.

இடைத்தர அணுக்கரு உலைகளிலும் **(intermediate nuclear reactors)** வெப்ப அணுக்கரு உலைகளிலும் குறிப்பிட்ட சில தணிப்பான்கள், நியூட் ரான்களை உலையிலிருந்து வெளிச் சிதறி விடாமல் தடுத்து, உட்புறமே பிரதிபலிக்க உதவுகின்றன. இவற்றைப் 'பிரதிபலிப்பான்கள்' **(Reflectors)** என வழங்குகிறோம். வேக ஈனுலைகளில் **(Fast Breeder Reactors)** இத்தகைய தணிப்பான்கள் தேவைப்படுவதில்லை. இவ்வுலைகள், வெப்ப அரிதில் கடத்திகளாலும், வேக நியூட்ரான்களைப் பேரளவில் உறிஞ்சிக்கொள்ளாத சில உலோகங்கள் மற்றும் பீங்கான் பொருட்களாலும் கட்டமைக்கப்படுகின்றன.

அணுக்கருப் பிளவின் தொடர்வினை **(Chain reaction)** நிகழத் தேவையான குறைந்தபட்ச அளவு 'இக்கட்டு அளவு' **(Critical Size)** ஆகும். இது அணுக்கரு உலை அமைப்பிற்கேற்ப மாறுபடும். சான்றாக, 4000 மெகாவாட் **(Megawatt = 10^6 watts)** திறன் தரவல்ல 'வெறும் வெப்ப உலை'யில் **(Bare Thermal Reactor)** U^{235} அணுக்கருவுடன் கிராஃபைட்டுத் தணிப்பான் கலந்த உருளை தண்டுகளின் 'இக்கட்டு அளவு' விட்டம் 240 சென்டிமீட்டர். எனில், அதே திறன்தரும் 'பிரதிபலிப்பு வெப்ப உலை'க்கு **(Reflected Thermal Reactor)** ஏறத்தாழ 150 சென்டி மீட்டர் தண்டுகளே போதுமானவையாகும். அவ்வாறே வெறும் வெப்ப உலையினும் சற்றே கூடுதல் வெப்பம் **(epithermal)** கொண்ட 'இடைத்தர அணுக்கரு உலை', பிரதிபலிப்பான் அற்றது. வெறுமையான இதன் அமைப்பில் 180 சென்டிமீட்டர் விட்டத் தண்டுகளும், 'பிரதிபலிப்பு உயர்வெப்ப உலை'யில் **(Reflected Epithermal Reactor)** ஏறத்தாழ 100 சென்டிமீட்டர் 'இக்கட்டு அள'வுள்ள தண்டுகளுமே தேவைப்படும். (கிரேக்க மொழியில் **"epi"** என்றால் 'மேல் கொண்டு' - **Upon** என்பது பொருள்.)

(ii) பாய்மப் படுகை அணுக்கரு உலை **(Fluidized Bed Nuclear Reactor):** அணுக்கரு எரிபொருளைத் தூளாக்கி ஏவூர்திப் பொறியினுள் நிரப்பி அதன்வழி 'செயல்படு பாய்ம'த்தைக் கசிந்து ஊடுருவச் செய்வித்தால் பாய்மம் அதிக வெப்பமுறும். இவ்வகைப் 'பாய்மப் படுகை அணுக்கரு ஏவூர்திப் பொறி'

களில் யுரேனியம் கார்பைடுடன், சிர்க்கோனியம் கார்பைடு **(Zirconium Carbide)** அல்லது நியோபியம் கார்பைடு **(Niobium Carbide)** அல்லது ஹாஃப்னியம் கார்பைடு **(Hafnium Carbide)** பயன்படுத்தப்படும். வேக ஈனுலை ஏவூர்திப் பொறிகள், ஏறத்தாழ 1000 முதல் 1100 நொடிக்கும் கூடுதலான ஒப்புவிசை எண் தரவல்லவை.

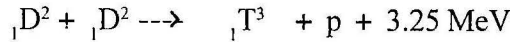
(iii) நீர்ம உள்ளக அணுக்கரு உலை **(Liuqid Core Nuclear Reactor) :** அணுக்கரு எரிபொருளை உருக்கி, நீர்மமாக்கி அதனூடே 'செயல்பாய்மம்' ஆகிய வளிமத்தினை குமிழிகளாகச் செலுத்தியும் அணுக்கருப் பிளவு ஏவூர்திப் பொறியினை இயக்கலாம். இதில் சூடாகும் வளிமம், நீர்ம நிலையிலுள்ள அணுக்கரு எரிபொருளைச் சிறுதுளிகளாக அல்லது புகைப்படலமாகத் தெறிக்கச் செய்து வெளியேற்றி விடலாகாது. இவ்விதம் எரிபொருள் விரயமாகாத வகையில் வளிமத்தின் விரைவு மட்டுப்பட்டே இருத்தல் அவசியம். ஆயினும் இத்தகைய ஏவூர்திப் பொறிகளின் ஒப்புவிசை எண் ஏறத்தாழ 1200க்கு மேல் 1400 நொடிகளுக்குள் இருக்கும் எனக் கணிக்கப்பட்டு உள்ளது.

(iv) வளிம உள்ளக அணுக்கரு உலை **(Gas Core Nuclear Reactor) :** 'பிளாஸ்மா' **(Plasma)** எனும் அயனிமூட்ட நிலையில் யுரேனியம் அணுக்கரு எரிபொருள் அதி உயர் வெப்பப் பேரழல் உருவாக்கும். அதன் போது ஏவூர்தியின் செயல்படு பாய்மமான ஹைடிரஜன் வளிமமும் சூடாக்கப்படுகிறது. அது ஏறத்தாழ 22000 பாகை மிகை அனல் வெப்பநிலை அடைந்து, புறக் கூம்புக் குழாய்வழிப் பீய்ச்சி வெளியேற்றப்படும்.

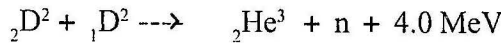
திருத்தியமைக்கப்பட்ட பல்வேறு வளிம உள்ளக அணுக்கரு உலைகளில், சூரியனின் உள்ளகத்தில் நிகழும் அணுக்கருப் பிணைவில் நாலில் ஒரு பங்கு வெப்பத்தை எட்ட இயலும். அதனாலேயே, சூரியக் குடும்பத்தில் புதன், வெள்ளி, செவ்வாய் போன்ற கோள்களுக்கு ஏறத்தாழ 45000 கிலோகிராம் எடைப் 'பயன்சுமை'யினை **(payload)** நொடிக்கு 50 முதல் 100 கிலோமீட்டர் அசுர வேகத்தில் எடுத்துச் செல்ல இயலும். இதன்வழி பிளாஸ்மா உலை ஏவூர்திப் பொறிகளின் திறன் புலப்படும்.

(ஆ) அணுக்கருப் பிணைவு ஏவூர்திப் பொறி (Nuclear Fusion Rocket Engine)

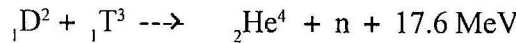
கட்டுப்படுத்தப்பட்ட அணுக்கருப் பிணைவினை "அணுக்கருக் கனற்சி" **(Nuclear combustion)** என்பர். இந்நிகழ்ச்சியில் பங்கெடுக்கும் டியுட்டேரியம் ($_1D^2$), டிரீட்டியம் **(Tritium** – $_1T^3$), ஹீலியம் **(Helium** – $_2He^3$**)** போன்ற தனிமங்களின் கலவை விகிதம் **(Mix ratio)**, எரியூட்டு வெப்பநிலை **(Ignition Temperature)**, கனற்சித் தொடர் அமைப்பு முறை போன்றவற்றைப் பொறுத்தே அணுக்கருப் பிணைவு ஏவூர்திப் பொறியின் திறன் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. சில முக்கிய அணுக்கருக் கனற்சி வினைகளைக் கீழே காண்போம்.



$$_1D^2 + {_1D^2} \dashrightarrow {_1T^3} + p + 3.25\ \text{MeV}$$



$$_2D^2 + {_1D^2} \dashrightarrow {_2He^3} + n + 4.0\ \text{MeV}$$



$$_1D^2 + {_1T^3} \dashrightarrow {_2He^4} + n + 17.6\ \text{MeV}$$

இத்தகையச் சமன்பாடுகளில் முறையே அணுநிறை 3ம், 4ம் கொண்ட ஹீலியத்தின் இருவகை ஐசோடோப்புகள், புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் ($_2He^3$, $_2He^4$, p, n) ஆகியவை இடம்பெறுகின்றன. அத்துடன் பல மில்லியன் எலக்ட்ரான் வோல்ட் (Million electron Volt = MeV) அளவு ஆற்றலும் சுட்டப் படுகிறது. (இங்கு ஒரு மில்லியன் எலக்ட்ரான் வோல்ட் என்பது 23.05 கிலோ கலோரி / மூலக்கூறு வெப்ப ஆற்றலாகும். இது ஏறத்தாழ 5 டன்கள் கரியிலிருந்து பெறப்படும் வெப்ப ஆற்றலுக்குச் சமம்.)

இதில் டியுட்டேரியம், டிரீட்டியம் சேர்ந்த கலவையைத் தூண்டுவிக்க வேண்டுமெனில், இந்த அணுக்கரு எரிபொருட் கலவையை 1 கன சென்டி மீட்டருக்குள் 1 கிலோகிராம் என்கிற அளவுக்குச் செறிவூட்ட வேண்டும். வெப்பநிலையும் 300 முதல் 400 இலட்சம் பாகை சென்டிகிரேடு அளவுக்கு உயர்த்தப்பட வேண்டும். இக் கனற்சியில் வெளிப்படும் வெப்ப ஆற்றலானது, அதன் ஓரலகு நிறை **(Unit mass)** எரிபொருளைத் தூண்டுவிக்கத் தேவைப் படும் வெப்ப ஆற்றலைப்போல் 1000 மடங்காகும். இவ்விதம் வெளிப்படும் ஆற்றலுக்கும் தூண்டுவிப்பு ஆற்றலுக்கும் இடையிலான மடங்கு அளவு 'ஆற்றல் ஈட்டு விகிதம்' **(Energy yield ratio)** எனக் குறிக்கப்படும்.

பெரும்பாலும் சக்தி மிக்க 'லேசர்' கதிர்களே மிகைவெப்பத் தூண்டி களாகப் பயன்படுகின்றன. அவை ஒரு நொடிக்கு நூறு கோடி தரம் இயக்கப் படும். ஒவ்வொரு இயக்கத் துடிப்பின் **(pulse)** கால அளவோ, ஒரு நொடியில்

நூறு கோடியிலொரு (10^{-9} **seconds**) பங்கே ஆகும். அதாவது ஒரு 'நானோ செகண்ட்' (**1 Nano Second**). இத்தகைய லேசர் துடிப்பினால் அணுக்கருப் பிணைவு நிகழ்த்திப் பெறப்படும் மிகை வெப்பத்தால் ஏவூர்தி உந்தப்படுவதை 'துடிப்பலை அணுக்கரு உந்துமம்' (**Pulse nuclear propulsion**) என வழங்குகிறோம். இதன் இயக்கத்தில் ஏறத்தாழ 1800 முதல் 2500 நொடிகள் வரையிலான ஒப்புவிசை எண் கிடைக்கும்.

ஆயினும், இவ்வகை ஏவூர்திப் பொறிகள் பருமனிலும், எடையிலும், மிகப் பெரிதாக இருப்பதால், விண்கலன்களில் எதிர்பார்த்த பலன் தராது. மேலும் அணுக்கருப் பிணைவுக்குத் தேவையான டியுட்டேரியம், டிரீட்டியம் அணுக்கள் பொதுவாக எளிதில் கிடைப்பதும் இல்லை. டியுட்டேரியம் சாதாரண நீரில் ஏறத்தாழ 0.015 விழுக்காடே உள்ளது, டிரீட்டியமோ, இடைவிடாத கதிரியக்கத்தால் அளவிற் சிதைந்து ஹீலியம்-3 ($_2He^3$) எனும் ஐசோடோப்பாக உருமாறுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு டிரீட்டியம், அளவிற் பாதியாக சிதைய எடுத்துக்கொள்ளும் 'அரை ஆயுள் காலம்' (**Half-life period**) 12.26 ஆண்டுகளாகும்.

ஆதலின் வேதியியற்பொறி ஏவூர்திகளைவிட ஆற்றல் மிக்க அணுக்கருப் பிணைவு ஏவூர்திகள் ஆய்வுத் தளத்திலேயே உள்ளன. மேற்கொண்டு செயல் வடிவம் பெறுவது அரிதாகவே இருக்கிறது.

(இ) கதிரியக்க ஐசோடோப் சிதைவு ஏவூர்திப் பொறி (Radio-active Isotope Decay Rocket Engine)

கதிரியக்க ஐசோடோப்புகள் இடையறாது வெளிவிடும் ஆல்ஃபா (**alpha**), பீட்டா (**Beta**) அல்லது காமா (**Gamma**) போன்ற கதிர் வீச்சுகளின் வெப்பத்தினால் 'செயல்படு பாய்ம'த்தினைச் சூடாக்கி ஏவூர்திப் பொறிகள் இயக்கலாம். ஆயினும் அவற்றுள் காமாக் கதிர்வீச்சு மட்டும் ஊடுருவுத் திறன் (**Penetrating Power**) கூடுதல் உடையதாகும். அதனால் போதிய தடுப்பு (**Shielding**) முறைகளில் கதிர்வீச்சு வெளியே கசியாமல் பாதுகாப்பாகப் பயன்படுத்த வேண்டிவரும்.

பொதுவாக, சீரியம் (**Cerium**), பொலோனியம் (**Polonium**), தூலியம் (**Thulium**), தால்லியம் (**Thallium**) போன்ற கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளால் உருவாக்கப்பட்ட இத்தகைய ஏவூர்திப் பொறிகளில் - ஹைடிரஜனைச் 'செயல்படு பாய்ம'மாகப் பயன்படுத்தி, 600 நொடிகளுக்கும் மேலான ஒப்புவிசை எண் பெறலாம்.

எனினும் இக்கதிரியக்க ஐசோடோப்புகளைத் தூய வடிவில், தேவைக் கேற்ப அதிக அளவில் தயாரிப்பதும், எடை குறைந்த ஏவூர்திப் பொறிகளாக வடிவமைப்பதும், அத்துணை எளிதன்று. அன்றியும் அவற்றின் அபாயகரமான கதிர்வீச்சுக்களில் இருந்தும் நம்மைப் பாதுகாத்துக்கொள்ளப் போதியத் தடுப்பு வழிமுறைகளை வகுப்பதும் கடினம். ஆதலால் இத்தகைய கதிரியக்க ஐசோடோப்புச் சிதைவு ஏவூர்திப் பொறிகளை அண்டவெளியில் பறந்து செல்லும் விண்கலன்களில் அன்றிச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன்களில் பயன்படுத்துவது இல்லை.

சமீபத்தில் சூரியனை ஆராய்வதற்கு அனுப்பப்பட்ட 'யுலிசெஸ்' **(Ulysses)** மற்றும் வியாழன் கோள் ஆராய்ச்சிக்கென செலுத்தப்பெற்ற 'கலீலியோ' போன்ற ஆழ் விண்ணூர்திகளில் இத்தகைய 'கதிரியக்க ஐசோடோப் வெப்ப மின்னாக்கிகள் **(Radio-isotope Thermo-electric Generators)** இடம்பெற்றன. அவற்றில் புளூட்டோனியம்-238 எனும் கதிரியக்க ஐசோடோப் வெளியிடும் வெப்பத்தினால் கணிப்பொறி, அலைபரப்பி முதலான கருவிகளை இயக்கத் தேவையான மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யப்பட்டது.

2. மின் ஏவூர்திப் பொறி

ஆய்வுநோக்க அடிப்படையில் எடுத்துக்கொண்டால், மின்னாற்றலால் இயக்கப்படும் ஏவூர்திப் பொறிகளில் ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த மாறுபாட்டில் முடுக்கிவிடப்படும் ஒரு நேர் அயனி **(Positive ion)** உந்து திறன், சாதாரண வேதியியல் உந்து எரிபொருட்களின் கனற்சித் திறனுக்குச் சமம். அதிலும் ஆயிரக்கணக்கான வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த மாறுபாடு சாத்தியம் என்பதால் ஏவூர்தியின் விரைவும் பன்மடங்கு அதிகரிக்கக் கூடும். சோவியத் ரஷியாவின் வாலென்டைன் பெட்ரோவிச் குளுஷ்கோ (1929-1933) என்பவரால் இயங்கும் உலகின் முதலாவது மின் வெப்பப் பொறி **(electro-thermal engine)** வடிவமைக்கப்பட்டது. பரிசோதனை ரீதியில் ஏவூர்திகளில் அதனைப் பயன்படுத்த முடியும் என்பதும் நிரூபணம் ஆனது.

ஆயினும் இதற்குரிய மின்உற்பத்தி நிலைய அமைப்புகளை மிகவும் கனமானதாகக் கட்டமைக்க வேண்டிவரும். அதனாலேயே இவை நடை முறையில் விண்வெளிப் பயணத்திற்கு ஏற்றவை அல்ல. இத்தகைய மின் ஏவூர்திப் பொறி வடிவங்கள் பலவாயினும், தத்துவ அடிப்படையில் அவை மூன்று வகைப்படும்.

(அ) மின் வெப்ப ஏவூர்திப் பொறி (Electro – Thermal Rocket engine)

சிறிது இடைவெளி விட்டு நிறுத்தப்பட்ட ஒரு நேர் மின்முனைக்கும், **(anode)** எதிர் மின்முனைக்கும் **(Cathode)** நடுவே அதிக மின்னழுத்த வேறுபாட்டால் மின்வில் **(electric arc)** வெட்டும். அதனூடாக ஹைடிரஜன், ஹீலியம், ஆர்கான் **(Argon)** போன்ற ஏதேனும் ஒரு வளிமம் 'செயல்படு பாய்ம'மாகச் செலுத்தினால் அவ் வளிமம் வெப்பத்தால் உயர் அழுத்தமுற்று ஏவூர்திப் புறக் கூம்புக் குழாய் வழி சீறி வெளியேறும். இந்நிகழ்ச்சியினால் ஏவூர்தி, உந்து விசை பெறுகிறது.

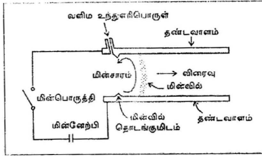
மின் வில் போலவே மின்தடை **(resistivity)** மிகுந்த கம்பிச் சுருளின் வெம்மையாலும், வளிமங்கள் சூடாக்கப்பட்டு, உந்துவிசை பெறப்படலாம். பொதுவாக இவ்வகைப் பொறிகள் 'மின் வெப்ப ஏவூர்திப் பொறிகள்' என்றே குறிக்கப் பெறுகின்றன.

மேலும், மின்வில் தாக்கத்தால் சிதைவுறும் சில வேதியியற் பொருட் களும் 'மின்வெப்ப ஏவூர்திப் பொறிக'ளில் இடம்பெறக் கூடும். அவை அதிவெப்ப அயனிகளாக்கப்பட்டு உந்துவிசைத் தாரைகளாகி ஏவூர்திக்குத் திறனூட்டும். பொதுவாக ஹைடிரசீன், ஹைடிரஜன் பெராக்சைடு போன்ற நீர்ம ஒருந்து எரிபொருட்களும், ஹைடிரசீன்-நைட்ரஜன் நான்காக்சைடு, நீர்ம ஹைடிரஜன் நீர்ம ஆக்சிஜன், பென்டாபோரேன் **(Penta borane)**, ஹைடிரஜன் பெராக்சைடு போன்ற நீர்ம ஈருந்து எரிபொருட்களும் இத்தகைய ஏவூர்திப் பொறிகளில் பயன்படுத்தப்படும். இவ்வகைப் பொறிகளை "வேதியியல் - மின்வில் தாரை ஏவூர்திப் பொறிகள்" **(Chemical Arc-jet Rocket Engines)** என்பர்.

பொதுவாக மின் உந்தும அமைப்புகள், அளவிலும், எடையிலும் மிகப் பெரியவை. மின் உற்பத்தி நிலையமும், மின்னாற்றலை இயக்க ஆற்றலாக்க மாற்ற உதவும் அமைப்புகளும் கனம் மிக்கவை. அதனால் திறன் வெளிப் பாட்டிற்கும், ஏவூர்தி ஆற்றல் உருவாக்க அமைப்பின் எடைக்கும் இடையிலான விகிதம் **(power output per power plant weight)** ஆகிய ஒப்புத்திறன் **(Specific power)** இங்கே குறைவானதாகவே இருக்கிறது. மின் ஏவூர்திப் பொறிகளில் இந்த அளவு ஏறத்தாழ 250 வாட் / கிலோகிராம் எனலாம். எதிர்காலத்தில் இது 500 வாட் / கிலோகிராம் அளவாக உயர்த்தப்படக் கூடும்.

(ஆ) மின்காந்த முடுக்கி அல்லது பேரழல் ஏவூர்திப்பொறி (Electro Magnetic Acceleration or Plasma Rocket Engine)

மின்காந்தக் கொள்கைகளின்படி, காந்தப் புலத்தின் **(magentic field)** மத்தியில் செங்குத்தாக வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின் கடத்திக்குள் மின்சாரம் கடத்தப்படும்போது அக்கடத்தியானது, காந்தப் புலத்திற்கும் மின்னோட்டத் திற்கும் செங்குத்தானதொரு மூன்றாவது அச்சுத் திசையில் விலக்கித் தள்ளப்படும். "ஃபிளெமிங்கின் இடக் கை விதி" **(Fleming's Left-hand Rule)** எனப்படுவது இதுவே.



படம் 29.2: தண்டவாளப் பேரழல் முடுக்கி

மின்கடத்திக் கம்பிக்குப் பதிலாக மிகை அயனிபடு வளிமம் **(heavily ionized gas)** ஆகிய 'பிளாஸ்மா' எனும் பேரழலை மின்காந்தப் புலத்தில் வைத்தால், அவ் வளிமம் ஏறத்தாழ நொடிக்கு 150 முதல் 200 கிலோமீட்டர் அதி விரைவில் முடுக்கிவிடப்படும். இவ்வகைப் பொறிகள் 'பேரழல் ஏவூர்திகள்' **(Plasma rockets)** எனப்படும்; 'மின்காந்த முடுக்கிகள்' **(Electro magnetic accelerators)** என்றும் வழங்கப்படும். (படம் 29:2)

காந்தப் பேரழல் முடுக்கிகளில் **(Magneto-plasma accelerators)** பல்வேறு அமைப்புகள் உண்டு. அவற்றில் எளிமையானதோர் அமைப்பே 'இணைத் தண்டவாள முடுக்கி' ஆகும். இரண்டு தண்டவாளங்களுக்கு இடையே நிரப்பப்பட்ட உந்து எரிபொருள் வளிமத்தை மின்வில்லால் வெட்டும்போது அங்கு மிகை அயனி மூட்டம் உருவாகிறது. தண்டவாளத்திற்கும், மின் வில்லுக்கும் செங்குத்தாக மின்காந்தப்புலம் ஊடுருவுகையில், அயனிகள் மூட்டப் புகையான பேரழல் (பிளாஸ்மா), தண்டவாளத்திற்கு இணையான திசையில் விரைவூட்டப்படுகின்றது. ஓரலகு நீளமுள்ள மின்வில்லினால் உருவாகும் (தள்ளு) விசை **(Force per unit length of arc)** காந்தப்புலம், மின்னோட்டம் ஆகிய இரண்டின் திசைகளுக்கும் தனித்தனியே செங்குத்தானதாக அமையும்.

பெரும்பாலான 'காந்தப் பேரழல் கருவிக'ளின் **(Magneto-plasma devices)** இத்தகையத் தண்டவாள முடுக்கி அமைப்பிலும் 'துடிப்பூட்டப் பொறி நுட்பமே' **(Pulsating mechanism)** கையாளப்படுகிறது. **1964-ஆம் ஆண்டு** ரஷியாவினால் புதன்கோள் ஆய்வுக்குச் செலுத்தப்பட்ட 'சோண்ட்-2' **(Zond-2)** ஊடுருவுக் கலத்தில் 'பிளாஸ்மா'ப் பொறிகள் இடம்பெற்றன.

(இ) மின் நிலை முடுக்கி அல்லது அயன ஏவூர்திப் பொறி
(Electro-static Accelerator or Ion Rocket Engine)

இவ்வகை ஏவூர்திப் பொறிகளில் 'பேரழல்' உருவாக்க இரண்டு வழிமுறைகள் உள்ளன. ஒன்று, உந்து எரிபொருள் வளிமத்தினை ஆற்றல் மிக்க மின்னணுக்களால் மோதுவித்தல் **(Bombardment with electrons)**; மற்றது, புறப்பரப்பிற் தொட்டு அயனிப்படுத்தல் **(Contact ionization)**.

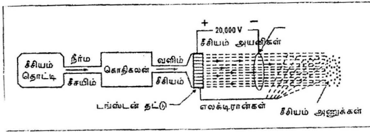
சமீபத்தில் சந்திரனுக்கு அனுப்பப்பட்ட ஐரோப்பிய விண்வெளிக் கழகத்தின் 'ஸ்மார்ட்-1' **(SMART-1)** எனும் 'தொழில்நுட்பத்தில் மேம்பட்ட ஆராய்ச்சிக்கான சிறு பணி இலக்குகள்' **(Small Mission for Advanced Research in Technology)** எனும் நிலா விண்கலனில் முதன்முறையாக மின் சக்தியால் இயங்கும் உந்து பொறி கையாளப் பெற்றது என்றோம். செனான் எரிவாயுவினால் செயல்படும் அயனிப் பொறி இது.

(i) மோது அயனிப் பொறி (Bombardment ion engine)

ஒரு பொறியில் எதிர்மின் இழை **(filament)** அல்லது மின்தட்டு **(disc)** சூடாக்கப்படும்போது, அதிலிருந்து கிளம்பும் மின்னணுப் பட்டாளம் நேர் மின்னூட்டம் கொண்ட ஏவூர்திப் பொறிகலன் சுவரை நோக்கி விரையும். அவற்றின் குறுக்கே உந்து எரிபொருள் வளிமம் கடத்தப்படும் போது, வளிம மூலக் கூறுகள் **(molecules)**, மின்னணு மோதலால் தாக்குண்டு நேர்மின் அயனிகளாக மாறுகின்றன. இந்த நேர்மின் அயனிகள் இணை மின் முனைகளால் **(parallel electrodes)** நெறிப்படுத்தப்படும்போது விரைவூட்டம் பெறும். அவை மீண்டும் இழந்த எலக்டிரான்களுடன் ஒன்றிணைந்து மின்னளவில் நடுநிலை **(Electrically neutral)** அடையும். அந்த அதிவெப்ப வளிமக் கற்றைகள், அதிவேகத் தாரைகளாக வெளியேறுவதால், ஏவூர்தி உந்துதிறன் பெறுகின்றது. இத்தகைய மோது அயனி ஏவூர்திப் பொறியால் பெறப்படும் ஒப்புவிசை எண் 3000 முதல் 20000 நொடிகளாகும்.

(ii) தொடு அயனிப் பொறி **(Contact Ion - Engine)**

இங்கு டங்ஸ்டன் போன்ற கன உலோகத்தாலான நுண்துளை அயனி யாக்கி **(porous tungsten ioniser)** ஒன்று இடம்பெறுகிறது. சீசியம் **(Caesium)** போன்ற எரிகார உலோகத்தின் ஆவி **(Alkali metal vapour)** சூடேறிய நிலையில் அயனியாக்கத் தகட்டின் வழிச் செலுத்தப்படும். (படம் 29:3)



படம் 29.3: தொடு அயனிப் பொறி

ஒரு தனிமத்தின் **(element)** அணுவில் இருந்து ஓர் எலக்ட்ரானை அகற்றி நேர்மின் அயனியாக்கிடத் தேவைப்படும் ஆற்றலின் அளவே 'அயனியாக்க மின்னழுத்தம்' **(ionization potential)** ஆகும். இது சீசியத்தின் (3.87 எலக்ட்ரான் வோல்ட்) அளவை விட டங்ஸ்டனுக்குக் (4.52 எலக்டிரான் வோல்ட்) கூடுதல் ஆகும். ஆதலால் மின்னூட்டப்பட்ட டங்ஸ்டன் தகடானது, தன்னை நெருங்கித் தொடும் சீசிய ஆவியின் எலக்டிரான்களை உறிஞ்சி, அதனை நேர்மின் அயனியாக்கிவிடும். அவை உயர் மின்னழுத்த மின்நிலைப் புலத்தினால் **(electrostatic field)** முடுக்கப்பட்டு விரைவூட்டம் பெறும். மீண்டும் எலக்ட்ரான்களுடன் இணைந்து அதிவேக சீசியம் அணுக்களாகப் பீய்ச்சி வெளியேற்றப்படும். இதுவே ஏவூர்தியின் உந்துவிசையாகும்.

அன்றியும் ஏவூர்திப் பொறியின் திறன் அளவானது, அயனித் துகளின் எண்ணிக்கை சார்ந்தது அன்று என்பது வெளிப்படை. எனினும், அணுநிறை குறைந்த துகள் என்றால் - ஏவூர்திப் பொறி, உயர் மின்னளவும், குறை மின்னழுத்தமும் கொண்டிருக்கும். அவ்வாறே, அணுநிறை கூடிய துகள் (எ.கா. : சீசியம் அணுநிறை = 132.91) என்றால், அது, குறை மின்னளவும், உயர் மின்னழுத்தமும் உடையதாக அமையும்.

ஒரு மின்னேற்றத்துகளின் நிறை **(Mass of single charged particle)** 'm' எனவும், அதன் மின்னேற்றம் **(charge)** 'e' எனவும், மின்நிலைப் புலத்தில் மின்னழுத்த மாறுபாடு **(potential difference)** "V" எனவும், அயனியாக்கக்

கருவியினின்று (**ionizing device**) மின்னணு (எலக்ட்ரான்) விடுப்பிகுச் (**electron** em itter) செல்லும் மின்னோட்ட அளவு 'I' எனவும் எடுத்துக்கொண்டால்,

$$\text{தள்ளுவிசை, } F = I \times \sqrt{\frac{2Vm}{e}}$$

இதன்வழி, தள்ளுவிசை என்பது அயனித் துகள் மின்னேற்ற விகிதத்தைச் சார்ந்துள்ளது என்பது தெளிவாகிறது. மேலும், ஒரு அணுவிலிருந்து ஒரே ஒரு எலக்ட்ரானை அகற்றினால் பெறப்படும் நிறை, மின்னேற்ற (m/e) விகிதமானது, அவ்வணுவிலிருந்து மேற்கொண்டு ஒரு எலக்ட்ரானை (ஆக, இரு எலக்ட்ரான்களை) நீக்கிப் பெறும் நிறை, மின்னேற்ற விகிதத்தை விட இருமடங்கு ஆகும். அதுவே மேலும் ஒரு எலக்ட்ரானை (அதாவது மொத்தத்தில் மூன்று எலக்ட்ரான்களை) அகற்றிப் பெறும் விகிதத்தை விட மும்மடங்காகவும் இருக்கும். ஆதலால் ஒற்றை மின்னேற்ற அயனிகளே (**Single – Charged Ions**) இத்தகைய ஏவூர்திப் பொறி திறம்பட இயங்கத் தேவையானவை என்பது புலப்படும். அணுநிறை மிகுந்ததும், ஒற்றை மின்னேற்ற அயனியுமான சீசியம் 6700 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் வெளிப்படுத்தும் ஒப்பு விசை எண் 10000 நொடிகளாகும். அமெரிக்காவின் 'பயன்பாட்டுத் தொழில்நுட்பச் செயற்கைக் கோளில் (**Application Technological Satellite, ATS**) சீசியம் அயனிப் பொறிப் பரிசோதனையும் நடைபெற்றது.

என்றாலும் தனிம சீசியத்தை விட 'சீசியம் ஹைடிரைடு' எனப்படும் கூட்டுப் பொருளே (**compound**) இத்தகைய மின் ஏவூர்திப் பொறிகளில் சிறப்பிடம் வகிக்கின்றது. ஏனெனில், இச்சேர்மத்தின் அடர்த்தி (3.42 கிராம்/கன சென்டிமீட்டர்), சீசியத் தனிமத்தின் அடர்த்தி (1.9 கிராம்/கன சென்டி மீட்டர் அளவை விடக் கூடுதல் ஆகும். அதனால், ஏவூர்திப் பொறியின் ஒரு குறித்த பருமனுள், மிகுதியான எரிபொருளை நிரப்ப இயலும் அன்றோ? தவிர, சீசியம் ஹைடிரைடுப் பொறியினைக் கையாளுவதும் எளிது. நம்பகத் தன்மை மிகுந்ததும் ஆகும்.

எதிர்காலத்தில், இத்தகைய சீசியம் அயனி ஏவூர்திப் பொறிகளே (**caesium ion rocket engines**) வியாழன் (**Jupiter**), சனி (**Saturn**), புளூட்டோ (**P!uto**) போன்ற சூரிய குடும்பத்தின் தொலைதூரக் கோள்கள் ஆராய்ச்சியில் முதலிடம் வகிக்கும் என்பதில் ஐயமில்லை.

3. லேசர் ஏவூர்திப் பொறி (Laser rocket engine)

புவி நிலையங்களிலிருந்து செலுத்தப்படும் 'லேசர்' கதிர்க் கற்றையினால் விண்ணிற் பறக்கும் ஏவூர்தியினை இயக்கும் வகையில் கையாளப்படுத்தப்படுவதே 'லேசர் ஏவூர்திப் பொறி'. பூமியினின்று செலுத்தப்படும் 'லேசர்' கதிர், விண்ணூர்தியின் (திண்ம, நீர்ம அல்லது வளிம) உந்து எரிபொருளினோடு மட்டும் அன்றி, வளிமண்டலக் காற்றினோடும் வினை புரியக் கூடியது. இத்தகைய 'லேசர்' கதிர்க் கற்றையினைத் தொடர்ச்சியாகவோ **(Continuous)**, துடிப்பூட்டமாக **(pulsed)** இடைவிட்டோ செலுத்தலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக, காற்று வெளியில் பறக்கும் ஏவூர்திப் பொறிக்குத் துடிப்பு முறையே **(pulse mode)** உகந்தது. இம்முறையில் ஏவூர்திப் பொறி, 'லேசர்' கதிர் ஏற்று காற்றாகிய எரிபொருளை அதிவிரைவுத் துடிப்பூட்டப் 'பேரழல்' (பிளாஸ்மா) அலையாக மாற்றும். அடுத்த லேசர் துடிப்பினை ஏற்கும் முன்னரே அது புதிய காற்றை உறிஞ்சி எடுக்கப் போதிய கால இடைவெளி பெற்றுக்கொள்கிறது. புதிய காற்று உட்கொள்ளப்பட்டதும் லேசர் பிளாஸ்மா அலையூட்டும். இதனையே 'லேசர் துடிப்பு ஏவூர்திப் பொறி' என்கிறோம்.

குறித்த நேர்பாதையில் இருந்து சற்றும் விலகாமல் விரியாமல் செல்லும் லேசர் கற்றையின் கதிர்கள் ஒன்றுக்கொன்று இணையானவை. இருப்பினும், அதன் இலக்கு **(target)** அல்லது குறியானது, லேசர் உருவாக்கியின் வில்லை விட்டம் **(lens diameter)**, லேசர் அலைநீளம் **(wave length)**, கற்றை நீளம் **(beam length)**, கற்றை அரைக்கோணம் **(beam half-angle)** போன்றவற்றின் அடிப்படையிலேயே கணிக்கப்படும். இந்த லேசர் கற்றைக் குறி **(laser beam target)** விட்டமே லேசரை ஏற்று இயங்கும் ஏவூர்திப் பொறியின் குறுக்களவைத் தீர்மானிக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக, 1 மீட்டர் விட்டம் கொண்ட ஒளி வில்லை வழி வெளியேறும் லேசர் கற்றையின் அலைநீளம் ஒரு மைக்ரோ மீட்டர் (10^{-6} மீட்டர்) எனக் கொண்டால், ஏறத்தாழ 4000 கிலோமீட்டர் தொலைவில் செல்லும் காற்றூர்தியினை இயக்க வேண்டுமெனில், லேசர் வீச்சு அமைப்புகளின்படி, காற்றூர்திமேல் விழும் லேசர் கற்றை விட்டம் 9.8 மீட்டர் அளவாக இருக்கும். லேசர் கண்ணாடி வில்லையின் விட்டத்தைக் குறைத்தால் இக் கற்றைக் குறி விட்டமும் சிறியதாக அமையும்.

4. சூரிய வெப்ப ஏவூர்திப் பொறி (Solar heating rocket engine)

சூரிய ஒளிக் கதிர்களைப் பரவளைவுப் பிரதிபலிப்பானால் **(Parabolic reflector)** ஒரு புள்ளியில் குவியச் செய்திட அந்த ஒளித்திரள் புள்ளி அதிக வெப்பம் அடையும் என்பதனை அறிவோம். அவ் வெப்பப் புள்ளியில், உந்து எரிபொருள் அல்லது ஹைடிரஜன் போன்ற செயல்படு பாய்ம வளிமத்தினை வைத்துச் சூடாக்கி, அதனை புறக்கூம்புக் குழாய்வழி வெளியேறச் செய்தால் ஏவூர்தி உந்துவிசை பெறும். இவ்வகை 'சூரிய வெப்ப ஏவூர்திப் பொறி' யின் செயல்திறன் சாதாரண வேதியியல் ஏவூர்திப் பொறியை ஒத்த அளவிலேயே அமையும். இதன் ஒப்பு விசை எண்ணும் 400 முதல் 700 நொடிகளே.

சூரிய ஒளியினால் எரிபொருளைச் சூடாக்குவது இருக்கட்டும். சூரிய ஒளியையே துகள்களின் **(particles)** திரளாகவோ, அன்றி அலைக்கதிர்களின் **(waves)** தொகுப்பாகவோ கருதலாம். இந்த ஒளித்துகள்கள் **(Photons)** ஒரு தகட்டுப் பாயில் **(Sail)** பட்டுத் தெறித்து முழுதுமாகப் பிரதிபலிப்பாவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அதன் எதிர்வினையாக **(Reaction)** அந்தத் தகட்டுப்பாய் பின்புறமாக உந்தித் தள்ளப்படும்; இவ்வித அடிப்படையில் இயங்கும் ஏவூர்தியினை 'ஒளித்துகள் ஏவூர்தி' **(Photon rocket)** என வழங்கு கிறோம்.

சூரியனில் இருந்து ஒரு வானவியல் அலகு **(astronomical unit)**த் தொலைவில் (1.497 $\times 10^{11}$ மீட்டர்கள்), ஒரு சதுர மீட்டர் பரப்பளவு கொண்ட சூரியத் தகட்டில் செங்குத்தாக விழும் ஒளி ஊட்டும் தள்ளுவிசை (F) ஏறத்தாழ 1 மில்லிகிராம் ஆகும். அதாவது, ஒரு மில்லிகிராம் நிறையின்மேல் புவிஈர்ப்பு செலுத்தும் விசையாகும்.

இதே கணக்கில் 1 கிலோகிராம் விசை பெறத் தேவையான சூரியத் தகட்டின் பரப்பளவு 10,87,000 சதுர மீட்டர்கள்; அதாவது ஏறத்தாழ 1 சதுர கிலோமீட்டர். இவ்விரிந்த பரப்பளவிற்குத் தேவைப்படுவது, 2.5 மைக்ரோ மீட்டர் தடிமனே **(thickness)** கொண்ட மெல்லிய 'பிளாஸ்டிக்' இழைத் தகடு. இதுவே, ஏறத்தாழ 3500 கிலோகிராம் எடை வரும். சுருங்கக் கூறின், 1 கிலோகிராம் தள்ளுவிசை உருவாக்கத் தேவைப்படும் சூரியத் தகட்டின் எடை மட்டும் 3500 கிலோகிராம். அதனாலேயே, "வருங்காலத்தில் ஒளித்துகள் ஏவூர்தியே இராது" என்று கருதப்படுகிறது.

மேற்கண்ட பல்வேறு ஏவூர்திப் பொறிகளின் இயல்பு அளவைகளை ஒப்பு நோக்கலாம். (அட்டவணை 29:1) மின் ஏவூர்திப் பொறிகள், குறிப்பாக அயனிப் பொறிகளின் செயல்திறன் (ஒப்புவிசை எண்) உச்சமாகத்

அட்டவணை 29 : 1

பல்வேறு ஏவூர்திப் பொறிகளின் செயல்பாட்டு அளவைகள் (Performance Parameters)

பொறிவகை	ஒப்புவிசை எண் (நொடிகளில்)	அதிகபட்ச வெப்பநிலை (பாகை) சென்டிகிரேடு)	கால அளவு	தள்ளுவிசை– எடைவிகிதம்	ஒப்புத்திறன் எண் (கிலோவாட்/ கிலோகிராம்)	செயல்படு பாய்மம்
வேதியியல்	200 முதல் 480 வரை	2500 முதல் 4500 வரை	பல நொடி தொட்டு சில மணி நேரம்	10^{-2} முதல் 100 வரை	0.16 முதல் 1600 வரை	ஹைடிரஜனும் ஆக்ஸிஜனும் அல்லது வேறு வேதிம உந்து எரிபொருள்கள்
அணுக்கருப் பிளவு	500 முதல் 1100 வரை	2700	„	10^{-2} முதல் 30 வரை	0.16 முத்ல் 1600 வரை	ஹைடிரஜன்
கதிரியக்க ஐசோடோப் சிதைவு	400 முதல் 700 வரை	1650	நாட்கள்	10^{-5} முதல் 10^{-3} வரை	1.6×10^{-4} முதல் 1.6×10^{-2} வரை	ஹைடிரஜன்
மின்வில் சூடாக்கம்	1000 முதல் 2000 வரை	5540	நாட்கள்	10^{-4} முதல் 10^{-2} வரை	1.6×10^{-3} முதல் 1.6 வரை	ஹைடிரஜன்
காந்தப் பேரழல்	4000 முதல் 15000 வரை	–	வாரங்கள்	10^{-5} முதல் 10^{-3} வரை	„	ஹைடிரஜன்
அயனி	5000 முதல் 25000 வரை	–	மாதங்கள்	10^{-5} முதல் 10^{-3} வரை	„	சீசியம்
சூரிய வெப்பம்	400 முதல் 700 வரை	1370	நாட்கள்	10^{-3} முதல் 10^{-2} வரை	1.6×10^{-2} முதல் 1.6 வரை	ஹைடிரஜன்

தோன்றினாலும், அவற்றின் ஒப்புத் திறன் எண் மிகக் குறைவே ஆகும். மேலும், ஒரு கிலோகிராம் தள்ளுவிசை பெறத் தேவைப்படும் இவ்வகைப் பொறி வடிவமைப்பு எடை 20,000 கிலோகிராம். ஆதலால் இவை விண்வெளிப் பயன்பாட்டிற்கு உகந்தவை அல்ல சில மணி நேரமே இயங்குபவையாயினும், உயர்திறனும் கூடுதல் தள்ளுவிசையும் ஊட்டவல்லவை வேதியியல் ஏவூர்திப் பொறிகளே. ஆதலின், உலக நாடுகளின் ஏவூர்தித் தயாரிப்பில் இன்றும் இவை நிலைத்த இடம் பெற்றுத் திகழ்கின்றன.

இவை ஆயினும் சந்திரன், செவ்வாய் முதலான வேற்றுக் கிரகங்களில் குடியேறுவதற்கு அணுக்கருப் பிணைவு ஏவூர்தி உந்து பொறிகள் பயன்படும் என்றும் எதிர்பார்க்கலாம்.

நிறையழிவு ஏவூர்தி

இவ்வகை ஏவூர்திப் பொறிகளை காட்டிலும் நவீனமானது 'மோது தாரை'ப் **(Ramjet)** பொறி எனலாம். விரைந்து செல்லும் வழியில் அண்ட வெளியில் இருந்து எரிபொருளை உறிஞ்சிச் செயல்படுவது. விண்மீன்களிடைப் பயணத்திற்கு இது ஓர் அரிய திட்டம் ஆகும்.

கி.பி. 1913-இல் ரீனி லோரின் **(Rene Lorin)** எனும் பிரெஞ்சு நிபுணர் மோதுதாரைப் பொறியின் இயக்கத்தினை முதன்முதலில் விளக்கிக் காட்டி னார். ஏவூர்தி செல்லும் திசை நோக்கி கனற்சிக் கலன்வாய் திறந்திருக்கும். காற்று வெளியில் விரையும் ஏவூர்தி, வெளிக்காற்றை உறிஞ்சிக் கொள்வதனால் உந்து எரிபொருளுடன் எரிக்கக் கூடிய காற்றையோ, ஆக்சிஜனையோ சுமந்து செல்ல வேண்டியது இல்லை. இதனால் உந்து எரிபொருள் எடை சிக்கனப்படும்.

தவிரவும் ஏவூர்தி வளிமண்டலம் கடந்து விண்வெளியில் நுழைந்ததும் விண்மீன்களிடை வியாபித்துள்ள மின்னணுத் துகள்கள் மற்றும் அணுக் கருக்களை உள்ளிழுத்து உந்து எரிபொருளாக மாற்றிப் பயன்படுத்திக் கொள்ள லாம். இது சாத்தியமா என்று சந்தேகக் குறி எழுப்புவோரும் உள்ளனர்.

ஏதாயினும் 'விண்மீன்களிடை மோதுதாரைப் பொறி' **(Inter-stellar Ramjet Engine)** கொண்ட நிறையழிவு ஏவூர்தி **(Mass Annhilation Rocket)** எதிர்காலத்தில் பிரபலம் அடையலாம்.

ஐன்ஸ்டீனின் சார்பியல் சித்தாந்தத்தின்படி ஆற்றலும் நிறையும் ($E = mc^2$) ஒன்றோடொன்று நேரடித் தொடர்புடையன. ஒரு கிலோகிராம் எரிபொருள் முழுவதையும் ஆற்றல் வடிவாக மாற்றினால், சாதாரண வேதியியல் ஏவூர்திப் பொறியில் பெறப்படும் ஆற்றலை விட 500 கோடி

மடங்கு சக்தி வெளிப்பட வேண்டும். இதனை 'முழு எரிபொருளும் நிறையழிதல்' என்று அழைக்கிறோம்.

கி.பி. 1932-இல் பால் டிராக் **(Paul Dirac)** என்பவர் எலக்ட்ரான் நிறையுடன் கூடிய நேர்மின்னேற்றம் உடைய 'பொசிட்ரான்' **(Positron)** எனும் எதிர் பொருளைக் கண்டுபிடித்தது முதல் 'நிறையழிவு' கொள்கைகளும் இயற்பியலாளரைப் பற்றிக் கொண்டன.

ஒவ்வொரு எதிர்த் துகள்களும் **(anti-particle)** தமக்குள் ஒன்றோ டொன்று எதிர் பசை **(anti-glue)**யினால் ஒட்டிக்கொண்டிருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். ஒரு துகளுடன் இந்த எதிர்த் துகள் சேரும்போது துகளின் மேற் பசையும் எதிர்த் துகளின் எதிர் பசையும் ஒன்றோடொன்று கலந்து கரைந்திட, துகள், எதிர்த் துகள்களின் நிறை முற்றிலும் ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டு விடுகின்றது.

எனவே சாதாரண ஹைடிரஜனையும், எதிர் ஹைடிரஜனையும் உந்து எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தலாம். ஆயினும் ஒரு ஏவூர்தியை இயக்கும் அளவுக்கு ஹைடிரஜனைத் தயாரிக்கலாம். ஆனால் எதிர்பொருளான எதிர் புரோட்டான்களை **(anti-protons)** இன்றைய உலகில் போதிய அளவு தயாரிக்க இயலுமா என்பது பெருங் கேள்விக்குறியாகவே நிற்கிறது.

ஒரு வாரத்தில் ஒரு சில ஆயிரம் எதிர் புரோட்டான்களை உருவாக்கி சேமிக்க முடிகிற இன்றைய நிலை பற்றி, சிலருக்கு அவநம்பிக்கை எழலாம். ஆய்வு விஞ்ஞானிகளுக்கு அது ஒரு பொருட்டில்லை எனலாம்.

சில நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்னர் இதுபோன்ற வேறொரு வினா நம்மை அச்சுறுத்திற்று. "இன்றைய உலகில் நீர் ஹைடிரஜன் ஒரு பீப்பாய்க்குத் தேறுமா?" எனச் சந்தேகம் எழுந்தது. ஆனால் இன்று என்னவாயிற்று? நீர்ம ஹைடிரஜன் தட்டுப்பாடின்றி தேவைக்கேற்ப உற்பத்தி செய்யப்பட்டு அதி குளிரியப் பொறிகள் **(Cryogenic engines)** நடைமுறைக்கு வந்து விட்டனவே. விண்வெளிப் பயணங்களுக்குத் தேவையான நீர்ம ஹைடிரஜன், நீர்ம ஆக்சிஜன் ஆகியவற்றுக்கு இனி பஞ்சமே இல்லை.

இந்தப் பொருள் **(matter)**, எதிர்ப்பொருள் **(anti-matter)** ஏவூர்தியும் அடுத்த நூற்றாண்டு மத்தியில் செயல்படத் தொடங்கலாம். அதன் உதவியால் பக்கத்து விண்மீனுக்கே மனிதன் போய் வரலாம்.

30

எதிர்காலத் திட்டங்கள்

1. விண்வெளி சூரிய மின்நிலையங்கள்

காற்று, கடலலை, நிலக்கரி, பெட்ரோல், சூரியன், அணுசக்தி என்று எத்தனையோ ஆற்றல் மூலங்களை நம்பித்தான் பூமியில் வாழ்ந்து கொண்டிருக்கிறோம்.

விண்வெளியில் இருந்து சூரிய ஆற்றலை மின்சாரமாக்கிப் பூமிக்கு அனுப்பிட எஸ்.பி.எஸ். **(S.P.S.)** எனும் சூரியத்திறன் செயற்கைக்கோளினை **(Solar Power Satellite)** வடிவமைக்கும் நூதனத் திட்டம் ஒன்றை அமெரிக்கா அறிவித்தது.

சோவியத் ரஷியாவும் புவிநிலை வட்டப் பாதையில் **(Geostationary)** 'விண்வெளி சூரிய மின் நிலையங்கள்' **(Space Solar Electric Stations)** எனும் கனத்த செயற்கைக்கோள்களைச் செலுத்தும் பூர்வாங்க முயற்சியில் ஈடுபட்டது.

அவ்வாறு விண்ணில் இருந்து இறங்கிவரும் மின்சாரத்தை ஏற்று விநியோகம் செய்யலாம். இதற்கான புவி நிலையங்களை மக்கள் நெருக்கடியற்ற புறநகர்ப் பகுதிகளிலோ, சந்தடி குறைந்த பாலைவெளிகளிலோ நிறுவினால்தான் நல்ல பலன் பெற முடியும். ஏனெனில், அச்செயற்கைக் கோள்கள் திரட்டி அனுப்பும் மின் கற்றைகள் சுற்றுக் சூழலை அழித்து நாசமாக்கிவிடும் என்னும் எச்சரிக்கை உணர்வு சோவியத் விஞ்ஞானிகளுக்கும் இல்லாமலில்லை. ஆயினும், 1987-ஆம் ஆண்டில் உயர் வெப்பநிலையில் செயல்படும் மிகை மின் கடத்திகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதன் பலனாக, புறவெளியில் மின்கசிவை மட்டுப்படுத்திச் சிக்கலை ஒருவாறு தீர்த்து விடலாம் என்பது அவர்களுடைய நம்பிக்கையாகும்.

2. விண்வெளியில் 'மினி சந்திரன்கள்'

1980 வாக்கில் சோவியத் விஞ்ஞானிகள் மத்தியில் சற்று வித்தியாசமான சிந்தனை இழையோடியது.

விண்வெளியில் இருந்து செயற்கைக்கோள்கள் வழி சூரிய மின் னாற்றலைச் சேகரித்து அனுப்புவது ஒருபுறமிருக்க, அச்சூரிய ஒளியினைக் கூட அப்படியே பிரதிபலித்துப் பூமிக்குத் திசை திருப்பி விடலாமே! இரவுப் பொழுதுகளில் இத்தகைய செயற்கைக்கோள்கள் 'மினி சந்திரன்கள்' போல வானில் ஒளிபரப்பும். நிலநடுக்கோட்டின் மேல் 36,000 கிலோமீட்டர்கள் உயரத்தில் செயற்கைக்கோள்கள் வடிவில் அவ்வாறு விண்ணில் தீபம் ஏற்றிவிட்டால், தெருவிளக்குகளை அணைத்துவிடலாம். நித்தமும் பௌர்ணமியானால் மின்சாரத்தை வீணடிக்க வேண்டியதில்லை. நகர்கள், வீதிகள், போக்குவரத்து வாகன நிலையங்கள் எங்கும் எப்பொழுதும் இரவிலும் பகல்தான். மின்சாரம் இலாபம் ஆகுமே.

இரவில் சூரிய வெளிச்சம் வழங்கும் இந்த அபூர்வத் திட்டம் குறித்து 'சோவியத் வீக்லி' (**Soviet Weekly**) எனும் வார ஏட்டில் 'ஆகாயத்தில் தெரு விளக்குகள்' (**Street lamps in the sky**) என்றும், "அர்த்த ராத்திரியில் சூரியப் பிரகாசம்" (**Sunshine at midnight**) என்றும் அவ்வப்போது (ஆகஸ்டு 4, 1984, மே 12, 1984 இதழ்கள்) கட்டுரைகள் வெளியாயின.

இப்புதிய செயற்கை நிலாத் திட்டம் மே 1984-இல் சூடு பிடித்தது; மாஸ்கோ காற்றுவெளிப் பயணப் பயிற்றகத்தில் பரீட்சார்த்த முயற்சி ஆரம்பமானது.

ஏறத்தாழ 200 கிலோ கிராம் எடையுள்ள செயற்கைக்கோள் உதவியினால் 110 சதுர மீட்டர் பரப்பளவு கொண்ட பிரதிபலிப்பானை விண்ணில் குடை விரிக்கச் செய்வதன்மூலம், ஏறத்தாழ 9 சதுர கிலோமீட்டர் நிலப்பரப்பிற்கு வெளிச்சம் ஊட்டலாம். எனினும் பகல்பொழுது மாதிரி அவ்வளவு பிரகாசம் இருக்காதாம். சராசரி முழு நிலா ஒளியில் பாதியளவேனும் வெளிச்சம் கிடைக்கும்.

படிப்படியாகச் செயற்கைக்கோளின் பிரதிபலிப்புக் குடைகளைப் பெரிதாக்கி ஒரு பட்டணத்தையே இரவில் பிரகாசம் ஆக்கிவிட முடியும். ஏழு பௌர்ணமி நிலவுகளுக்கு ஒப்பான ஒளியை விண்ணில் இருந்து பாய்ச்ச முடியும்.

ஆயினும், சூரிய ஒளித்திட்டம் **(Sunlight Project)** குறித்து கிளாஸ் னோஸ்ட் **(Glasnost)** இயக்கம், சூழல் பாதுகாப்பு பற்றிய ஆர்வத்துடன் அங்கு எதிர்ப்பு நடவடிக்கைகளில் ஈடுபட்டது.

பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னதாகவே வேர்விட்ட இச்சூரிய ஒளித் திட்டம் இன்னும் பச்சை பிடிக்க வழியில்லை. இயற்கையின் பசுமை பாழ்படக் கூடுமென்கிற பூதாகார எதிரொலி அங்கு தொடர்ந்து முழங்கிக் கொண்டிருக் கிறது. இந்நெருக்கடி நிலைமையில் அத்திட்டத்தினைத் தற்காலிகமாக ஒத்திப்போட முன்வந்தது சோவியத் அறிவியலார் குழு.

ஆயினும், "அத்திட்டம் அறவே செத்துவிடவில்லை" என்றும், 1987 மே 15 அன்று முதன் முறையாகப் பறக்கவிடப்பட்ட 'எனர்ஜியா' **(Energia)** எனும் உலகின் மிகப் பிரம்மாண்டமான பளு தூக்கி ஏவூர்தியில் போதிய திருத்தங்கள் மேற்கொள்ளப்பட்டதும் "சூரிய ஒளித் திட்டம் மீண்டும் புறப்படும்" என்றும், "ஒருவேளை 21-ஆம் நூற்றாண்டில் இது ஒரு மகத்தான திட்டமாகப் பரிணமிக்கும்" என்றும் சோவியத் தரப்பில் நம்பகமாகத் தெரிவிக்கப்பட்டது.

சமீபத்தில் 'மிர்' விண்சுற்றுக் கூடத்தின் பரிசோதனைகளில் ஒன்றாக இச் "செயற்கை நிலாவொளித் திட்ட" முதல் முயற்சி நிறைவேறியுள்ளது. 'மிர்' விண்கலத்திலிருந்து கென்னடி மானகொவ் **(Gennady Manakov)**, அலெக்சாண்டர் பொலீஷ்சுக் **(Alexander Poleshcuk)** இருவரும் இந்த 'நோவிய் ஸ்வெத்' **(Noviy Svet)** எனும் இந்தப் "புதிய ஒளி" **(New Light)**த் திட்டத்திலொரு கட்டமாக, 20 மீட்டர் விட்டமுள்ள வட்டவடிவமான மெல்லிய 'கெவ்லார்' **(Kevlar)** பிளாஸ்டிக் கண்ணாடி மூலம் சூரிய ஒளியை பூமியை நோக்கிப் பிரதிபலிக்கச் செய்தனர். இப் பரிசோதனை 1993 பிப்ரவரி 4 அன்று நள்ளிரவில் நிகழ்ந்தது.

பிரான்சு, சுவிட்சர்லாந்து, தெற்கு ஜெர்மனி, தெற்கு போலந்து போன்ற நாடுகளின் மேலாக சுமார் 4 கிலோமீட்டர் பரப்பளவில் வெளிச்சமிட்டது அந்த 'ஸ்நம்யா' என்னும் அந்தப் பிளாஸ்டிக் நிலா.

3. விண்வெளியில் மின் உற்பத்தி

புத்தம் புதிய ஆற்றல் வளம் பற்றிய சிந்தனை ஒவ்வொரு கணமும் விஞ்ஞானிகளின் மண்டையைக் குடைந்து கொண்டிருக்கிறது.

மண்ணைத் தோண்டி கனிவளம் பெற்றோம்; ஆழத்துளைத்து எண்ணெய் வளத்தை உறிஞ்சுகிறோம். கடல்நீர், காற்று, மழைநீர் போன்றவற்றில் இருந்து முடிந்த இடங்களையெல்லாம் துழாவி விட்டோம்.

கரும்புச் சக்கை, உமி, தவிடு, சாணம் போன்ற கழிவு பொருள்களையும் கசக்கிப் பிழிந்து எரிபொருள்களை உற்பத்தி செய்தோம்.

இன்று விண்ணில் நமது நம்பிக்கை நட்சத்திரமாக ஒளிரும் சூரியனின் ஒளிக் கிரணங்களைச் சரணாகதி அடைந்துள்ளோம். 'விண்வெளி சூரிய மின் நிலையங்க'ளால் **(Space Solar Electric Stations)** சூரிய ஒளியினை மின்னாற்றலாக மாற்றிப் புவிக்கு அனுப்புவதற்கு முற்பட்டுள்ளோம்.

இத்தருணத்தில் புவிகாந்தப் புலத்தின் உன்னத ஆற்றல் சமுத்திரத்தை அநாயாசமாகக் கையாளுவதற்குரிய முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன. அதன் முதல் கட்டமாக இத்தாலியும், அமெரிக்காவும் டி.எஸ்.எஸ். **(TSS)** எனப்படும் 'தாம்புச் செயற்கைக்கோள் அமைப்பின்' **(Tethered Satellite System)** கீழ் மூன்று செயற்கைக்கோள்களை விண்வெளி ஓடங்கள் மூலமாக விண்ணிற் செலுத்திப் பரிசோதனைகளைத் தொடர்ந்து வருகின்றன.

பூமியைச் சுற்றி ஏறத்தாழ 100 முதல் 1,000 கிலோமீட்டர்கள் தொலைவு வரை அயனி மண்டலம் **(Ionosphere)** அமைந்துள்ளது. அதற்கு அப்பால் புரோட்டான்கள் நிரம்பிய பிளாஸ்மா மண்டலம் **(Plasmasphere).** அதையும் கடந்து ஏறத்தாழ 64,000 கிலோமீட்டர் உயரம் வரை பரவியுள்ள புவி காந்த மண்டலம் **(Magnetosphere)** ஆற்றல் கிடங்காகத் திகழ்கின்றது.

அதன் காந்தக் கோடுகளில் பல்லாயிரக் கணக்கான வோல்ட்டுகள் மின்தகைமை **(potential)**க்கு ஈடான அயனிகளும், எலக்ட்ரான்களும் நொடிக்கு ஏறத்தாழ 300 கிலோமீட்டர் விரைவில் இயங்கி வருகின்றன. அந்தக் காந்தக் கோடுகளின் குறுக்காக வெட்டுமாறு மின்கடத்தி ஒன்றினை இயங்க வைத்தால் அந்தக் கடத்து கம்பியில் மின்சாரம் பாயும்.

'பிளெமிங் வலக் கை விதி' **(Fleming's Right Hand Rule)** புகட்டும் அறிவியல் உண்மை இதுதான்.

இவ்விதியினை முதலில் பின்வரும் விளக்கத்தின் அடிப்படையில் அறியலாம். வலதுகை ஆள்காட்டி விரலை நீட்டி, பெருவிரலை நிமிர்த்தி, நடுவிலுள்ள பாம்பு விரலை உள்ளங்கைக்குச் செங்குத்தான திசையில் விலக்கிப் பிடியுங்கள். (மோதிர, சுண்டுவிரல்களை மறந்து விடுங்கள்.) ஆள்காட்டி விரல் சுட்டும் திசையில் காந்தப்புலம் அமைந்து பெருவிரல் காட்டும் திசையில் மின்கடத்து கம்பி நகர்ந்தால் நடுவிரல் சுட்டும் திசையில் அந்தக் கம்பியில் மின்சாரம் பாயத் தொடங்கும். மின்னியற்றி **(generator)**யில் மின்சாரம் உற்பத்தியாவது இதன் அடிப்படையில்தான்.

பிளெமிங் இடக் கை விதி (**Fleming's Left Hand Rule**) குறித்து 'எதிர்கால ஏவூர்திப் பொறிகள்' அத்தியாயத்தில் விளக்கப்பெற்றது. இது இயக்க சக்தியினை உருவாக்கும் எந்திரப் பொறி (**motor**) பற்றியது. அதில் இடக் கையினைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஆள்காட்டி விரலில் காந்தப் புலமும், அதற்குச் செங்குத்தான நடுவிரலில் மின்சாரமும் இயங்கும்போது, மின்சாரம் சுமந்து செல்லும் கம்பியானது பெருவிரல் உயர்த்திக் காட்டிய திசையில் விலக்கி எறியப்படும். இதுவே 'மின்காந்த முடுக்கி' ஏவூர்தித் தத்துவம்.

இங்கு வலக் கை விதியினை விண்வெளியில் கையாளலாம். செயற்கைக்கோளிலிருந்து காப்புறையிட்ட மின்கடத்தியினைக் காந்தப்புலத்தின் ஊடாக நீட்டி விட்டதாக வைத்துக்கொள்வோம். அதாவது ரீல் (**reel**) போல் ஒரு கப்பியில் இருந்து வெளியேற்றினால் அது புவியைச் சுற்றிவரும் போது புவி காந்தக் கோடுகளை குறுக்காக வெட்டியவாறே இயங்கும். அப்பொழுது அந்தக் கம்பியில் மின்சாரம் உற்பத்தி ஆகும். செயற்கைக்கோளின் கட்டுப் பாட்டு அமைப்புகளுக்கு அது போதும்; வேண்டுமானால் அதனைச் சேமித்து பூமிக்கும் அனுப்பி உதவலாம்.

இத்தகைய பரிசோதனைகளின் தொடக்கமாக அமெரிக்காவின் நாசா (**NASA**) நிறுவனத்தின் கீழ் மார்டின் மரியெட்டா (**Martin Marietta**) தொழிற்கூடமும், இத்தாலியின் 'தேசிய விண்வெளித் திட்ட'த்தின் (**National Space Plan**) கீழ் 'ஏரிட்டாலியா' (**Aeritalia**) நிறுவனமும் இணைந்து செயலாக்க நடவடிக்கைகளில் மும்முரமாக முனைந்துள்ளன.

'டி.எஸ்.எஸ்-1' (**TSS-1**) எனும் முதலாவது தாம்புச் செயற்கைக்கோள் 1992 ஜூலை 31 அன்று அட்லான்டிஸ் விண்வெளி ஓடத்தின் மூலம் பறக்க விடப்பட்டது.

ஏறத்தாழ 240 மீட்டர் நீள மின் கம்பியின் மறுமுனையில் இருந்து குட்டிச் செயற்கைக்கோள் ஒன்று விறைப்பான கம்பத்தில் கொடி போல் உயர்த்தி விடப்பட்டது. இந்த 240 மீட்டர் நீளக் கம்பியில் புவி காந்தப்புலம் உருவாக்கும் மின்னாற்றல் ஏறத்தாழ 1000 வாட்டுகள் எனக் கணக்கிடப்பட்டு உள்ளது. இது செயற்கைக்கோளின் சுற்று விரைவு (**Orbital Velocity**), குத்துயரம் (**Altitude**), காந்தப்புல ஒழுக்கு (**Magnetic flux**) போன்றவற்றிற்கு ஏற்ப அளவில் மாறுபடும். எனினும் ஏறத்தாழ 500 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் இந்த அமைப்பின் செயலுறுதிறன் (**effectiveness**) நூற்றுக்கு நூறு. அப்பால் உயர்ந்தெழுந்து செல்லுந்தோறும் அது 25 சதவீதமாக அருகி வருவதாகத் தெரிகிறது.

புவி சுற்றும் செயற்கைக்கோளானது பூமியின் இரவுப் பக்கம் மறையும் போது அதன் இயக்கத்திற்கு உரிய மின்னாற்றலைப் பெற சூரிய ஒளி கிடைப்பதில்லை. அந்தக் கிரகண வேளைகளில் பொதுவாக அதனுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் வேதியியல் மின்கலங்கள் தம் ஆற்றலைச் செலவழிக்கும். ஆனால் தாம்புக் கம்புச் செயற்கைக்கோள் அமைப்பில் சூரிய ஒளியினை முழுவதும் எதிர்நோக்க வேண்டிய நிர்ப்பந்தம் எழாது. எங்கும் சூழ்ந்து பரவி இருக்கும் புவிகாந்தப்புலமே போதுமானது. ஆயினும் ஒருவேளை காந்தப்புலத்தில் மின்மகசூல் கொஞ்சம் குறைவாக இருக்கலாம். ஏனெனில் இரவுப் பகுதியில் புவிகாந்தப் புலத்தின் பிளாஸ்மா அடர்த்தியிலும் **(Plasma density)**, திறந்த மின்சுற்று அழுத்தத்திலும் **(open circuit voltage)** ஏற்ற இறக்கங்கள் நிகழ்வதால் தாம்புச் செயற்கைக்கோளில் மின் உற்பத்தி எதிர்பார்த்த அளவு அமைவது இல்லை.

வேண்டுமானால் அத் தாம்புக் கம்பியில் மின்னோட்டத்தை எதிர்த் திசையில் பாய்ச்சி விடலாம். அது பிளெமிங் இடக் கை விதியைப் பற்றியதாகிவிடும். அதாவது செயற்கைக்கோளில் விரைவாற்றலான உந்தும விசை **(propulsive force)** ஊட்டப்படும்.

4. விண்வெளி மேலேற்றிகள்

செயற்கைக்கோளின் தாம்புக் கம்பிக்குப் பதிலாக மின் கடத்திலிக் **(non-conductor)** கயிற்றினைக் குட்டி விண்கலத்தில் கட்டி உயர்த்திப் பட்டம் மாதிரி பறக்கவிட்டு ஆய்வுகள் நடத்தப்பெற்றன. அந்தக் குட்டி விண்கலம், செயற்கைக்கோள் இயக்கத்திற்கு எதிர்த் திசையில் பின்னடிக்கும். காரணம், தொலை தூரச் சுற்றுப்பாதைகளில் விண்கலத்திற்கு குறைவான சுற்று விரைவே போதுமானது. அதே வேளையில் அந்தத் தலைக்கயிறு உறுதி மிக்க, வளையாத, திடப்பொருளினால் வடிவமைக்கப்பட்டு இருப்பதாயின் செயற்கைக்கோளில் இருந்து எழுப்பி நிறுத்தப்பட்ட கொடிக்கம்பம் சாயாமல் சரியாமல் புவி ஆரக் கோட்டிலேயே தரைமட்டத்திற்குச் செங்குத்தாக சுற்றி வரும். அந்நிலையில் கம்பத்தின் உயரே ஏறுந்தோறும் ஒவ்வொரு கணுவிலும் சுற்றுவிரைவு அதிகரித்த வண்ணமிருக்கும்.

ஏறத்தாழ 36,000 கிலோமீட்டர் உயரப் புவிநிலை வட்டப்பாதை **(Geo-Stationary Orbit)**யில் புவியொத்த வேக கதியில் விரைகின்ற செயற்கைக் கோளிலிருந்து சுமார் 1,44,000 கிலோமீட்டர் உயரம் கொண்ட திடமானதொரு கோபுரத்தைக் கட்டமைக்க முடிவதாக வைத்துக் கொள்வோம். அதன் அடி நுனியில் ஒரு குட்டி விண்கலத்தை வைத்தாலே போதும். அது தானாக

கோபுரத் தண்டுகளில் ஊர்ந்து, சறுக்கி ஏறி உச்சியைத் தொட்டுவிடும். அப்போது அதன் வேகம் நொடிக்கு 10.2 கிலோமீட்டர் அளவை எட்டிவிடும். அதுவே விடுபடு விரைவு **(Escape Velocity)** ஆனபடியால் குட்டிக்கலம் புவியிலிருந்து எளிதாகத் தப்பித்து செவ்வாய், வியாழன் போன்ற தொலைதூரக் கிரகங்களை நோக்கிப் பறக்கத் தொடங்கிவிடும். அமெரிக்க விமானப் படைப் பறத்தல் இயங்கியல் ஆய்வகத்தின் **(U.S. Air Force Flight Dynamics Laboratory)** விஞ்ஞானி ஜெரோம் பியர்சன் **(Jerome Pearson)** கருத்தோட்டம் இது.

பூமியின் காந்தப் புலத்துடன் சுழற்சி வேகத்தையும் சாதகமாக்கி விண்வெளிப் படிகளில் ஏற்றிவிடும் "விண்வெளி மேலேற்றிகளும் விண் வெளித் தாம்புகளும்" **(Space Elevators and Space Tethers)** தொடர்பாக ஏறத்தாழ இருபது ஆய்வுக் கட்டுரைகள் 1987-ஆம் ஆண்டு அக்டோபரில் இத்தாலியின் வெனிஸ் மாநகரில் நடந்த இரண்டாவது பன்னாட்டுக் கருத் தரங்கில் விவாதிக்கப்பட்டன.

5. விண்வெளித் தூண்டில்கள்

இத்தகைய அறிவார்ந்த கருத்துப் பரிமாற்றங்களினால் விண்வெளியில் வித்தியாசமான செயற்கைக்கோள் அமைப்புகள் பற்றிய பல தீர்மானங்கள் நிறைவேற்றப்பட்டுள்ளன.

புவியில் வானிலை ஆய்வுக்கென இன்று பயன்படுத்தப்படும் சின்னச் சின்ன ஏவூர்திகள், பிரம்மாண்டமான பலூன்கள் உயர்ந்து பறக்கும் ஆகாய விமானங்கள், தாழ்புவி சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் செயற்கைக்கோள்கள் யாவும் கூடுதல் பயன் நல்கும் என எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

ஏறத்தாழ 400 கிலோமீட்டர் உயரத் தாழ்புவிச் சுற்றுப்பாதையில் பறந்து செல்லும் செயற்கைக்கோளில் இருந்து தூண்டில்போல வேறு குட்டி ஆய்வுக்கூட்டினை இறக்கிப் பரிசோதனைகள் நடத்துதல் எளிது. ஏறத்தாழ 90 கிலோமீட்டர் உயரம் வரை தாழ்வாகப் பறந்து உயர்வளிமண்டல **(Upper atmosphere)** அமைப்பினை நெருங்கி ஆராய இத்தூண்டில் விண்கலங்கள் பெரிதும் பயன்படும்.

புவியின் வானிலைக்கு மட்டுந்தானா? சென்று இறங்க முடியாத வெள்ளிக்கோளின் வளிமண்டலத்தைத் துப்பறியவும், சிறு கோள்களின் **(Asteroids)** மேல் தோலைக் கீறி மண் எடுக்கவும், காந்தப்புலம் செழித்த வியாழன் கிரகத்தின் 'அய்யோ' **(Io)** என்னும் அனல் குமுறும் சந்திரனை

ஆராயவும், வால் விண்மீன்களுக்குள் புகுந்து மண் மாதிரி (Sample) எடுத்துத் திரும்பவும், ஆழ்கிணற்றில் நீர் இறைத்தலைப் போன்று செயற்கைக்கோளிலிருந்து கப்பி (Pulley) கட்டி ஆய்வு உபகரணங்களை இறக்கி விண்வெளியின் போதிய தகவல்களைச் சேகரிக்கவும் ஆக, இப்படி எத்தனையோ வழிமுறைகளில் இத்தூண்டில் செயற்கைக்கோள் தொழில்நுட்பம் உதவக் கூடும்.

விண்வெளி ஆராய்ச்சியில் கயிறுவிடும் இக் கருத்து, விதை கீறி முளைவிட்டது ஏறத்தாழ நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்னர் எனலாம்.

வரலாற்றைப் புரட்டினால் கி.பி. 1895-ஆம் ஆண்டில் தாம்புச் செயற்கைக் கோள்கள் பற்றிய சிந்தனைப் பரிசோதனை (thought experiment) நடத்திய முதல் அறிஞர் 'விண்வெளி இயல் தந்தை' எனச் சிறப்பிக்க பெறும் ரஷிய மேதை கான்ஸ்டன்டின் சியோல்கோவஸ்கி (Konstantin Tsiolkovsky) ஆவார். விண்வெளி மேலேற்றியினை 'பிரபஞ்ச தண்டவாளம்' (Cosmic railway) என்று இவர் வருணித்தார். ஆயினும் ஐன்ஸ்டீனின் பிரபல 'கடாங்கன் பரிசோதனை' (Gadankene Experiment) மாதிரி வெறும் சிந்தனை வெள்ளோட்டம்தான் என்று கருதி இதனை யாரும் பெரிதுபடுத்தவில்லை.

ஆனால் ஏறத்தாழ 55 ஆண்டுகளுக்குப் பின், பக்மின்ஸ்டர் ஃபுல்லர் (Buckminster Fuller) எனும் அறிஞர், நிலநடுக்கோட்டின் மேலாக பூமியைச் சுற்றி விண்ணில் ஓர் 'ஒட்டியாணம்' கட்டிவிடும் எண்ணத்தை வெளியிட்டார். புவி இடுப்புக்கு அரைஞாண் கட்டின மாதிரி வளையமிடும் இதனை நங்கூரக் கயிற்றால் பூமியோடு தொடர்புபடுத்த வேண்டுமாம். மாடிக் கட்டடங்கள் எழுப்புவோர் சாரம் கட்டி ஒரு கப்பியின் உதவியினால் ஒரு சட்டியை இறக்குவதன் மூலம் மறுமுனையில் கட்டப்பட்ட இன்னொரு சட்டியில் சில்லறைக் கட்டுமான சாதனங்களை மேலேற்றி எந்திர லாபம் அடைகின்ற மாதிரியான விண்வெளிக் கருத்தோட்டமாகும் இது.

எனினும் 1960-ஆம் ஆண்டில் யூரி அர்த்சுதானெவ் (Yuri Artsutanov) என்னும் ரஷிய விஞ்ஞானி நிலநடுக்கோட்டில் இருந்து 36,000 கிலோமீட்டர் உயரத்தில் சுற்றி வரும் செயற்கைக்கோளுக்கு 'ஏணி' வைத்து ஏறுவது போன்ற கோபுரம் ஒன்றைக் கட்டமைக்கும் கருதுகோளினை வெளியிட்டார்.

அதே 1960ஆம் ஆண்டுகளில் ஆர்தர் சி. கிளார்க் (Arthur C. Clarke) மற்றும் ஜான் ஐசக்ஸ் (John Isacs) போன்றோர் இதே ரீதியில் கொஞ்சம் திருத்தியமைக்கப்பட்ட எதார்த்த 'ஆகாயக் கொக்கி'யினை (Sky-hook) விண்ணில் இயக்கிவிடும் சிந்தனையை முன்மொழிந்தனர்.

6. விண்வெளியில் ஒரு துடைப்பக்கோள்

சுற்றுப்புறச் சூழல் குறித்தும், அழுக்கேறி வரும் வளிமண்டலம் பற்றியும், விண்வெளிக் கதிர்வீச்சு அபாயங்கள் பற்றியும் அதிக அக்கறை செலுத்த வேண்டியுள்ளது.

புவிக்கு வெளியே சுமார் 50 கிலோமீட்டர் எல்லைகளுக்கு உட்பட்ட 'சீரடுக்கு மண்டலம்' எனப்படும் 'ஸ்ட்டிராட்டோஸ்ஃபியர்' (**Stratosphere**) என்றதுமே ஓசோன் ஓட்டைகள் (**Ozone holes**) தாம் நினைவிற்கு வரும். ஆனால் இதே வளிமண்டல உயரங்களில் 'மைக்ரோன்' (**Micron**) அளவு பிரபஞ்சத் தூசு (**Cosmic dust**) படிந்திருப்பதையும் நாம் கவனித்தாக வேண்டும். (1 மைக்ரோன் = 10^{-6} மீட்டர்).

தூமகேதுக்களான வால் விண்மீன்கள் (**Comets**) சூரிய மண்டலத்திற்குள் புகுந்து வெளியேறும் போது வெளிப்படும் தூமகேது எச்சங்களும் (**Cometary debris**), குறுங்கோள்கள் (**asteroids**) தமக்குள் ஒன்றோடொன்று மோதுவதாலோ அன்றி சந்திரனிலோ, வேறு கிரகத்திலோ அவை முட்டித் தெறிப்பதாலோ பறக்கும் தூள் படலங்களும், எரிவிண்கற்களும் (**meteoroids**) விண் மீன்களிடை வியாபித்துள்ள இம்மிகளும் எனப் பலவகைப் புழுதி பிரபஞ்சத் தூசியில் அடங்கும்.

இந்த அண்டவெளிப் புழுதியில் ஒரு கிராமின் இலட்சங்கோடியிலோர் பங்கு எடை கொண்ட நுண்துகள்கள் மட்டும் சுமார் 4 சதவீதம் வரை அடங்கி உள்ளன. மக்டொனல் (**Mcdonnell**), பெர்க் (**Berg**) ஆகிய இரு அமெரிக்க விஞ்ஞானியர் 1975-ஆம் ஆண்டில் 'விண்வெளி ஆராய்ச்சி' (**Space Research**) எனும் அறிவியல் இதழொன்றில் வெளியிட்ட ஆய்வு முடிவாகும்.

எனினும் ஏவூர்திகள் உமிழ்கின்ற புகையில் கலந்திருக்கும் அலுமினியம் ஆக்சைடு (**Aluminium Oxide**), சல்பேட்டுப் பொடி போன்றவற்றுடன் எரிமலைச் சாம்பல், கரி ஆவி, காற்றடித்துச் செல்லும் பாறைத்தூள், மணல், புகைபோக்கிச் சாம்பல், சின்னச் சின்ன பூச்சிகள் என விண்ணிற் கலக்கும் மண் புழுதிகளைக் கூட அண்டவெளித் தூசி என்றே தவறாகப் பதிவாக்க இடமுண்டு.

மேலும் இத்தகைய நுண் பொடிகள் வளிமண்டலத்தில் மிதக்கும் 'காற்று நுண்துளிகளு'டன் (**aerosols**) நனைந்து கீழிறங்கி வரவே நெடுங்காலமாகும். இதனால் சீரடுக்கு மண்டலத்தில் இம்மிகள் செறிவடைந்து பருவ நிலைகள் பாதிக்கப்படலாம். செயற்கைக்கோள்கள் தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களுடன்

கொள்ளும் தொலைத்தகவல் தொடர்பில் பிசிறடிக்கலாம். விண்ணூர்திகள் **(Spacecrafts)** இயக்கத்தில் இந்த அண்டவெளிப் புழுதி, நுண்துகள்கள் மேல் மோதி விபரீதங்கள் விளையலாம்.

1982-ஆம் ஆண்டு ரஷியாவின் 'சல்யூத்-7' **(Salyut-7)** மற்றும் 1983-இல் அமெரிக்க 'சாலஞ்சர்' **(Challenger)** விண்வெளி ஓடம் போன்ற விண்ணூர்திகளின் ஜன்னல்கள் உடைபட்டுப் பாதிப்புக்குள்ளான விவரம் நாம் அறிந்ததே யாகும்.

இவ்விண்வெளி நுண்குப்பை கூளங்களை அளந்து அறிவதில் பல்வேறு ஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்று வருகின்றன.

இருந்தாலும் இவ்வகை நுண்பொருள்களின் தாக்குதல் பற்றி விரிவாகப் புரிந்துகொள்ளப் பல ஆண்டுகள் ஆயின. 1984 ஏப்ரலில் அமெரிக்கா செலுத்திய ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள் 'எல்.டி.இ.எஃப்.' **(LDEF)** எனச் சுருக்கி அழைக்கப்படும் 'நீண்டகால வெளிப்பாட்டு வசதி அமைப்பு' **(Long Duration Exposure Facility).** கிட்டத்தட்ட ஆறு ஆண்டுக்காலம் வெறுமென விண்சுற்றிக் கொண்டிருந்த இந்தச் செயற்கைக்கோள் 1990 ஜனவரியில் 'கொலம்பியா' **(Columbia)** விண்வெளி ஓடத்தின் மூலம் பூமிக்கு மீட்கப்பட்டது. அன்று வரை 32,594 தடவை புவி சுற்றிய செயற்கைக்கோளாகும் இது.

ஏறத்தாழ 2 மைக்ரான் அளவிற்கும் பெரியதான நுண்ணெரி விண் கற்கள், விண்வெளியில் மிதந்து கொண்டிருக்கிற பெயிண்டு துணுக்குகள், மரையாணிகள், எரிபொருள், புகைப்பொருள்கள் முதலியவற்றால் தாக்கப் பெற்று, இச் செயற்கைக்கோளின் பரிசோதனைத் தகடுகளில் அம்மைத் தழும்புகள் மாதிரி குத்தும், குறிகளும் ஏற்பட்டுள்ளன.

இம்மாதிரிச் செயற்கைக்கோளின் தகடுகளில் விழுந்த நுண்துளைகளைக் கணக்கெடுத்ததில், ஒரு நாளைக்கு ஒரு சதுர சென்டி மீட்டர் பரப்பளவில் சுமார் 2 முதல் 20 மோதல் பள்ளங்களே ஏற்பட்டுள்ளதாக அறிவிக்கப்பட்டுள்ளது.

பொதுவாக, செயற்கைக்கோளில் இடம் பெறும் நுண்ணணுக் கருவிகள் இத்தகைய விண்துகள்களினால் பெரிதும் சேதமடையும். தவிர, அலுமினியம் ஆக்ஸைடு போன்ற வேதியியற் பொருள்கள் படிந்தால் மின்னணு உபகரணங்களின் மின் கடத்துதிறன் **(conductivity)**, ஒளி உமிழ் பண்புகள் **(photo emission properties)**, புறச்சிதறல் **(back scatter)** போன்ற இயல்புகளில் தீவிர மாறுதல்கள் நிகழும்.

தவிரவும் செயற்கைக்கோளைப் பொதிந்துள்ள மின்கடத்தாக் காப்புறை **(insulation)** சிதலடித்து துளைகள் விழுந்தால், அதன் இயக்கத்தின்போது விண்வெளியில் 'பிளாஸ்மா' **(Plasma)** என்னும் அயனித் திரள்களுக்கு மின்சாரம் கசிந்து, செயற்கைக்கோளின் நுட்பமான செயல்பாடுகள் பலவீனம் அடையும்.

மனிதனால் விண்ணில் சேர்ந்துவிட்ட நுண்குப்பைகளை வேண்டு மானால் ஓரளவு அளந்துவிடலாம். இயற்கையானதும், அவ்வப்போது அளவு மாறுபடுவதுமான அண்டவெளித் தூசியை அதுவும் 2 மைக்ரான் அளவினும் நுண்ணிய இம்மிகளை அளப்பது எளிதானதன்று.

இதற்கென அமெரிக்கா 'தாம்புச் செயற்கைக்கோள்' **(Tethered Satellite)** ஒன்றை விண்வெளி ஓடத்தில் இருந்து செலுத்தி ஆராயத் திட்டமிட்டு உள்ளது.

ஏறத்தாழ 220 கிலோமீட்டர் உயரப் பறந்தவாறே இதனை, விண் வெளி ஓடத்தில் இருந்து 100 கிலோமீட்டர் கயிற்றினால் கீழிறக்கிப் பூமிக்கு மேல் 120 கிலோமீட்டர் உயர்நிலை வளிமண்டலத் தூசியை சேகரிக்கலாம். அளக்கலாம். வானவீதியின் 'குப்பை கூட்டி' போலப் பயன்படுத்தி அண்ட வெளி நுண்குப்பைகூளங்களைப் பெருக்கிச் சுத்தப்படுத்தலாம்.

இவ்வாறு தொடங்கிய விண்வெளிக் கம்பி, கயிறு, கோபுரம், ஏணி, பட்டம், மேலேற்றி போன்ற பல்வேறு வடிவமைப்புகள் மூலம் மகத்தான புவி காந்தப் புலத்தினையும், பூமியின் அசுரச் சுழற்சி வேகத்தையும் வசப் படுத்தி நவீன ஆற்றல் மூலங்களை விண்வெளியில் இருந்து தோண்டி எடுக்கும் தொழில் நுட்பங்கள் முளைவிட்டு உள்ளன.

நிலாத் தளங்கள்

ஏற்கெனவே 1998 ஜனவரி 6 அன்று விண்ணில் செலுத்தப்பட்டட 'லூனார் பிராஸ்பெக்டர்' **(Lunar Prospector)** எனும் அமெரிக்க விண்கலம் நியூட்ரான் அலைமாலை அளவி **(Neutron Spectrometer)** மேற்கொண்ட ஆய்வுகளும் முக்கியம் ஆனவை. அது நிலா மண்ணில் இருந்து நியூட்ரான் மின் நடுத்துகள்கள் தொடர்ந்து வெளியேறி வருவதனைப் பதிவு செய்தது. அண்டவெளியில் இருந்து வீசும் காஸ்மிக் கதிர்கள் மோதலால் நியூட்ரான்கள் சாரை சாரையாக வெளிப்படும். அப்படியானால் அந்தப் பிரதேசத்தில் ஹைடிரஜன் செறிந்து இருப்பது உறுதி.

எப்படியோ, நிலாவினில் தண்ணீர் இருந்தால் வசதிதான். நிலாக் கான்கிரீட் சாந்து குழைத்து வீடு கட்டலாம். அதுமட்டுமா? தண்ணீரை அங்கு மின்னாற்பகுத்து ஹைடிரஜன் எரிபொருளில் நிலாக் கார் ஓட்டலாம். அணுக்கரு ராக்கெட்டுகள் தயாரிப்பில் இந்த ஹைடிரஜன் உதவும். ஆக்சிஜனில் எரிக்காமலே சூடாக்கிய ஹைடிரஜனை ராக்கெட் பொறிகளில் பயன்படுத்தி அண்டை வீடான செவ்வாய்க் கிரகத்திற்கும் சென்று திரும்பலாம். அதுமட்டுமா? நீரைப் பகுத்தால் தூய ஆக்சிஜன் ஆகிய பிராண வாயு கிடைக்கும். சுவாசித்து உயிர் வாழலாம்.

சந்திரனின் வடபகுதியில் பியரி **(Peary)**, ஹெர்மைட் **(Hermite)**, ரோஸ்தெஸ்த்வென்ஸ்கி **(Rosdestvenskiy)** மற்றும் பிளாஸ்கட் **(Plaskett)** ஆகிய நிலாப்பள்ளங்களிலும், தென்துருவத்தில் ஐத்கன் **(Aitken)** என்னுமிடத்தில் ஹைடிரஜன் தண்ணீர் மூலக்கூறுகளாகவே இருக்க வாய்ப்புள்ளது. அங்கு தண்ணீர்த் திவலைகள் பனித்துகள்களாக உறைந்திருப்பதாகத் தெரிவிக்கிறார் லாஸ் அலாமஸ் தேசிய ஆய்வகத்தின் பேராசிரியர் வில்லியம் சி. ஃபெல்ட்மான்.

இது ஏற்கெனவே அறிவித்ததை விட ஏறத்தாழ 20 மடங்கு, அதாவது 600 கோடி டன்கள். ஏறத்தாழ 30 கோடி லாரிகள் அளவுத் தண்ணீர். இதையே வேறு விதமாகச் சொன்னால் சந்திர நிலத்தடி நீரின் அளவு இந்துமாக் கடலின் தண்ணீர் அளவில் ஒருகோடியில் ஒரு பங்கு. விண்வெளி நாடுகள் யாவுமே நிலாத் தண்ணீரைக் குறி வைக்கின்றன.

ஆயின் சந்திர வரலாற்றில் இன்று வரையிலான ஆய்வுகளில் 'நிலாத் தண்ணீர்' அறிவியலர் தாகம் தீர்ப்பதாக இல்லை. அமெரிக்க அப்போலோ விண்கலங்கள் பூமிக்குக் கொண்டு வந்த சந்திரக் கற்கள் எதிலும் தண்ணீர்த் தடயம் துளி கூட இல்லை.

ஆனாலும் சந்திரனில் மின் பற்றாக்குறை எழவே எழாதாம். அங்கு சூரிய ஒளியினால் மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யலாம். ஆற்றல் சேகரிக்கலாம். தவிரவும், நிலாவில் பகல் பொழுது வெயில் 200 பாகை செல்சியஸ். அதுவும் நிலாப் பகல் என்பது ஏறத்தாழ 13 நாட்கள். அதனால் ஒரு நன்மையும் உண்டு. இலவசமாக மின்சாரம் தயாரித்துவிடலாம். நிலாத் தரையில் ஒரு சதுர மீட்டர் பரப்பளவில் விழும் வெயில் அளவு 1500 வாட் மின்சாரத்திற்கு சமம். அதாவது ஒரு வீட்டின் பத்தடிச் சதுர அறையின் கூரை மீது ஏறத்தாழ 15 கிலோவாட் மின்சாரம். முழுத் திறனும் பெற முடிந்தால் கிட்டத்தட்ட 200 மின்விசிறிகளும், 200 குழல் விளக்குகளும் ஒரே சமயத்தில் இயக்கலாம். அப்படியானால் சந்திரனின் மொத்தப் பரப்பளவில் பல இலட்சம் மின்விசிறிகளும், விளக்குகளும் எரிக்கலாம்.

நிலாவின் நடுக்கோட்டுப் பகுதியில் சம தூர இடைவெளியில் மூன்று மின்நிலையங்கள் நிறுவினால் போதும். ஆண்டு முழுவதும், நாள் முழுவதும் தட்டுப்பாடே இல்லாத மின்சாரம் சந்திரனில் கிடைக்கும்.

நிலாவின் இன்னொரு வினோதச் சூழல் என்ன தெரியுமா? நிலாத்தரை அடியில் கடுங்குளிர் என்று சொன்னால் ஆச்சரியம்தான். அங்கு திரவ ஆக்சிஜன், திரவ ஹைடிரஜன் எல்லாவற்றையும் பத்திரமாகப் பாதுகாக்கலாம். அதுமட்டுமா, சூரிய ஒளியில் தயாரித்த மின்சாரத்தை மின்நிலையங்களுடன் இணைக்கும் மின்வடங்களை யுட்ரியம்-பேரியம்-செம்பு ஆகிய பீங்கான் பொருளால் வடிவமைக்கலாம். அவை மிகை மின்கடத்தும் திறன் கொண்டதாக இருக்கும். அதாவது, பூமியின் சராசரி வெப்பநிலையில் சாத்தியப்படாத தொழில்நுட்பம் நிலாவில் சர்வ சாதாரணமாக வசப்படும். அதுதான் `சூப்பர் கண்டக்டிவிட்டி' **(super-conductivity)**. அதனால் நிலா மின்வடங்களில் மின் கசிவு ஏற்படாது. மின்இழப்பும் நேராது.

அதுமட்டுமன்றி, அணுமின்சாரம் தயாரிக்கத் தேவையான ஒரு வகை எரிபொருள் நிலவில் தாராளமாகக் கிடைக்கிறது. இதற்கு ஹீலியம்-3 என்று பெயர். இந்த ஹீலியம்-3 அணுக்கரு காற்று மண்டலமே இல்லாத சந்திரத்தரையில் படிந்திருக்கிறது. ஹீலியம்-3 அணுக்கருவும், கன ஹைடிரஜன் அணுக்கருவும் மோதினால் சாதாரண ஹீலியம்-4 அணுக்கரு தோன்றும். அந்த அணுக்கரு வினையில் 18,30,000 எலக்ட்ரான் வோல்ட் சக்தி அடங்கிக் கிடக்கிறது. அதாவது ஏறத்தாழ ஐந்தரை டன் நிலக்கரி முழுவதுமாக எரித்துப் பெறப்படும் ஆற்றல்.

உண்மையிலேயே ஒரு டன் நிலக்கரியை எரித்தால் அதில் மூன்றில் ஒரு பங்கு ஆற்றல்தான் வெளிப்படும். அப்படியானால் நடைமுறையில் கிட்டத் தட்ட 15 டன் நிலக்கரி எரித்தால் பெறப்படும் ஆற்றல் வெறும் மூன்று கிராம் ஹீலியம்-3 தனிமத்தால் கிடைக்கிறது. இதையே வேறுவிதமாகச் சொன்னால் நெல்லிக்காய் அளவு ஹீலியம்-3 எரிபொருளும் சரி, ஒரு லாரி நிலக்கரியும் சரி.

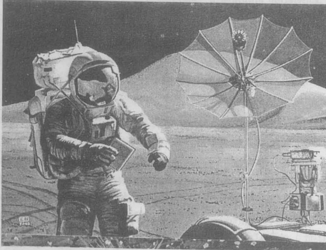
இந்த ஹீலியம்-3 தனிமத்திற்கு 'விண்வெளி எரிபொருள்' **(astro fuel)** என்றே பெயர். அமெரிக்காவில் விஸ்கான்சின் பல்கலைக் கழகத்தின் பேராசிரியர் டாக்டர் ஜெரால்டு குல்கின்ஸ் என்பவர் தலைமையிலான நிபுணர் குழு இந்தச் சந்திரத் தூசி பற்றி விவாதித்தது. அத்தோடு நிற்கவில்லை. விஸ்கான்சின் மையத்தின் முதுபெரும் விஞ்ஞானி டாக்டர் இகார் ஸ்வியத்தோஸ்லாவ்ஸ்கி சந்திர மண்ணில் சுரங்கம் தோண்டவும்

திட்டமிட்டுள்ளார். இதற்கான மின்சார உற்பத்திக்கு நிலாவில் சூரிய மின் நிலையங்கள் நிறுவினால் போதும்.

எதிர்காலத்தில் இங்கிலாந்து 'நிலா ஆய்வுச் சுற்றுகலம்' **(Lunar Exploration Orbiter)** ஒன்றையும், ஜெர்மனி 2013-ஆம் ஆண்டு 45 கோடி டாலர் செலவில் 'நிலவொளி' **(Moon light)** என்னும் சந்திரப் பயணத் திட்டத்தையும், ரஷியா மீண்டும் 'நிலாக் கோளகம்' **(Luna Glob)** என்ற விண்கலன் பயணத்தையும் மேற்கொள்ள இருக்கின்றன.

ஐரோப்பிய நாடுகள் அனுப்பவிருக்கும் ஆளில்லா விண்கலன் திட்டம் 'லெடா' **(LEDA)** எனப்படும். வேறு ஒன்றுமில்லை. ஆங்கிலத்தில் 'லூனார் யூரோப்பியன் டெமான்ஸ்ட்ரேஷன் அப்ரோச்' **(Lunar European Demonstration Approach).** அதாவது, 'ஐரோப்பியச் சந்திரச் செயல்விளக்க அணுகுதல்' என்று பொருள்.

நிலாவில் மனிதன் சென்று இறங்கிய ஐம்பதாவது ஆண்டு 2019. அதன்போது மீண்டும் நிலாவுக்குப் பயணம் மேற்கொள்ள அமெரிக்கா திட்டம் வகுத்து வைத்து உள்ளது. அமெரிக்கா செலுத்த இருக்கும் அந்த நிலாக் கூட்டிற்கு 'ஓரையான்-13' என்று பெயர். அதனைச் சுமந்து செல்லும் ராக்கெட் 'ஏரிஸ்-1' **(Aris-1)** எனப்படும். நிலாவில் சென்று தரை இறங்க 'நிலாத்தரை அணுகும் கூடு' உருவாக்கப்பட உள்ளது. (படம் 30:1)



படம் 30.1: நிலாவில் மனிதன்

ஏதாயினும் ரஷியாவிடம் அதைக் காட்டிலும் வலிமை மிக்க 'எனர்ஜியா' என்கிற பளுதூக்கி ராக்கெட் இருக்கிறது. அது குறைந்தது 100 டன் எடையைப் பூமியில் இருந்து 400 கிலோமீட்டர் சுற்றுவட்டப் பாதைக்கு வெகு இலாவகமாக எடுத்துச் செல்லும் ஆற்றல் கொண்டது. சந்திரனுக்குச் செல்ல அமெரிக்கா அதனை வாடகைக்கு வாங்கலாமே என்று கருத்துரைக்கிறார்கள் இங்கிலாந்து நாட்டு மைக் ரிச்சர்ட்சன் மற்றும் ஆண்டர்சன் ஆகியோர். ஆனால் ரஷியாவும் சீனாவும் சென்ற ஆண்டு இறுதிவாக்கில் நிலா ஆய்வு ஒப்பந்தத்தில் கையெழுத்திட்டுள்ளன.

2011-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 26 அன்று அமெரிக்கா செலுத்தியுள்ள, முனைப்பு ஆர்வம் (Curiosity)என்கிற செவ்வாய் அறிவியல் ஆய்வகம் **(Mars Science Laboratory)** என்கிற விண்கலம் அந்தக் கோளில் தரை இறங்கி ஆய்வு மேற்கொண்டுள்ளது.

ஏற்கெனவே வைக்கிங் விண்கல ஆய்வுகளைத் தொடர்ந்து– அன்டார்டிகா பனிக்கண்டத்தின் ஆலன் குன்றுகளில் ராபெர்டா ஸ்கோர் **(Roberta Score)** எனும் பெண்மணி கண்டெடுத்த 'ஏ.எல்.எச்-84001' **(ALH 84001)** எனும் கல் துணுக்கு ஒரு குறுங்கோள் அல்லது வால் விண்மீன் மோதலால் செவ்வாய்ப் புறணியிலிருந்து பிய்த்துத் தெறித்துப் பூமியில் வந்து விழுந்த பாறை அம்சம் என்பதும், அதில் 'பி.ஏ.எச்' **(P.A.H.)** என்கிற 'பாலி-சைக்கிளிக் அரோமேட்டிக் ஹைடிரோ கார்பன்' எனும் உயிரிய மூலக்கூறு அடங்கி இருப்பதும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இந்தக் கல்லில் பதிந்துள்ள கணுப்புழுக் கோர்வைக் கட்டமைப்புகள் செவ்வாயில் முதல் நுண்ணுயிரித் தோற்றம் இருப்பதற்கான அடிப்படைகள் என ஜான்சன் விண்வெளி மைய விஞ்ஞானி டாக்டர் டேவிட் மக் கே **(Dr. David Mc Kay)** தலைமையிலான ஆய்வுக்குழு அறிவித்தது.

ஆறரை கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் அமெரிக்காவின் மெக்சிகோ வில் யுகாதன் அருகே நடந்த மகத்தான மோதலின்போது, பூமியில் டைனோசர்கள் அழிந்தது அறிவோம். அதேவேளையில் பூமியிலிருந்து உயிரித் துணுக்குகள் பல கோடி கிலோமீட்டர்கள் தெறித்துப் பயணம் சென்று செவ்வாய்க் கிரகத்தில் விழுந்திருக்குமோ?

ஏதாயினும் முதலாவது செயற்கைக்கோள் (ஸ்புட்னிக், 4-10-19[illegible] ஏவிய வரலாற்றுச் சாதனையின் நூற்றாண்டு விழாவைச் செவ்வாயில் கொண்டாட வேண்டும் என்கிற கனவு முளை விட்டு இருக்கிறது. 1990-ஆம் ஆண்டு 'செவ்வாய்க் குடியிருப்பு-2057' **(Mars Habitation-2057)** என்ற திட்டத்தினை யோஜி இஷிகாவா **(Yoji Ishikawa)**, தாகயா ஒக்கிதா **(Takaya Okhita)**, யோஜி

அமேமியா **(Yoji Amemeia)** ஆகிய ஜப்பானிய நிபுணர்கள் செவ்வாயில் குடியேறவும், செவ்வாய்க் கோளினை மனித வாழ்வுக்கு உகந்ததாகத் திரித்தமைக்கவும் **(Terraforming)** திட்டங்கள் வகுத்துள்ளனர்.

விண்மீன்களிடைத் தகவல் தொடர்புத் தேடல்

இந்த அண்ட சராசரத்தில் பூமி மட்டும் தான் உயிர்க் கிரகமா என்கிற கேள்வி பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னமேயே மனித உள்ளத்தில் துளிர்விடத் தொடங்கிற்று. ஆனால் இதற்கான அறிவியல் ஆராய்ச்சி நாற்பதாண்டுகளுக்கு முன்னர் தான் தொடங்கியது.

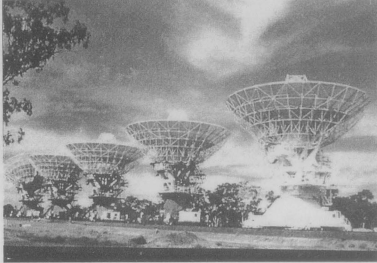
அதன்வழி வானவியலும், உயிரியலும் ஒருங்கிணைந்து 'உயிரி-வான வியல்' **(Bio-astronomy)** என்கிற புதுத்துறை உருவாயிற்று. 1959 செப்டம்பர் மாதத்தில் கியூசெப்பி கொக்கோனி **(Giuseppe Cocconi)** மற்றும் பிலிப் மாரிசன் **(Philip Morrison)** ஆகிய விஞ்ஞானியர் இருவர் 'நேச்சர்' ஆங்கில சஞ்சிகையில் 'விண்மீன்களிடை தகவல் தொடர்புத் தேடல்' **(Searching for Interstellar Communications)** என்ற கட்டுரை எழுதினர்.

அண்டவெளியில் பரவி இருந்த ஹைடிரஜன் அணுக்களில் இருந்து உமிழப்படும் 21 சென்டிமீட்டர் அலைநீளக் கதிர்வீச்சுகள் புவிசாரா உலகங் களில் எங்கேனும் உயிரினங்கள் வாழ்ந்து வருவதற்கான தடயங்கள் என்றும் கருதப்பட்டது. (படம் 30:2)

அதற்காக 1960-ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் மாதம் பிராங்க் டிராக் **(Frank Drake)** எனும் வானவியலர் மேற்கு வெர்ஜீனியாவில் கிரீன் பார்க் எனும் இடத்தில் 25 மீட்டர் குறுக்களவு கொண்ட வானலை திரட்டி ஒன்றினை வடிவமைத்தார். விண்ணில் சூரியன் ஒத்த விண்மீன்களான 'டௌ சேட்டி' **(Tau Ceti)** மற்றும் 'எப்சிலான் எரிடானி' **(Epsilon Eridani)** ஆகிய விண் மீன்களை நோக்கி அலைதிரட்டியைத் திசைதிருப்பினார். அவரது திட்டம் 'ஒஸ்மா' **(Project Ozma)** எனப்பட்டது.

1961 ஜனவரி மாதம் பிரபல அறிவியல் புனைவாளர் கார்ல் சாகன் **(Carl Sagan)** மற்றும் நோபல் விஞ்ஞானி மெல்வின் கால்வின் போன்றோர் உட்பட பத்து வானவியலர், உயிரியலர், தொழில்நுட்பவாதியர் கூடி விவாதித்தனர்.

அதில்தான் பிராங்க் டிராக் தமது பிரபல கருதுகோளினை வெளியிட் டார். 'புவிசாரா உலகங்களில் அறிவாண்மை தேடும்' **(Search For Extra - Terrestrial Intelligence)** ஆய்வில் இதனை 'பிராங்க் டிராக் சமன்பாடு' என்பர்.



படம் 30.2: வேற்றுலக மனிதர்கள் தேடும் அலைதிரட்டிகள் அணிவகுப்பு

அதாவது, கவனிக்கத்தகும் அண்டவெளி நாகரிகங்களின் எண்ணிக்கையாவது சராசரி விண்மீன்கள் பிறப்பு விகிதம், அங்கெல்லாம் ஒவ்வொரு விண்மீன் மண்டலத்திலும் கிரகங்கள் உருவாக வாய்ப்பு விகிதம், அதிலும் புவி மாதிரியான உயிர்ப்புக் கோள்கள் உருவாக வாய்ப்பு விகிதம், அதிலும் புவி மாதிரியான உயிர்ப்புக் கோள்கள் வாய்ப்பு விகிதம், அவற்றில் உயிரினம் தோன்றிப் பரிணமிக்க உகந்த சூழல் நிகழ்தகவு விகிதம், அத்தனைக்கும் பிறகு தொலைவு உலகங்களுடன் தகவல் தொடர்பு நிகழ்த்தப் போதிய அறிவாற்றல் கொண்ட நாகரிக அதிமனிதர்கள் தகவு விகிதம், அப்படியே இந்தப் பிரபஞ்சத்தின் எங்கேனும் ஒரு மூலையில் யாரேனும் இருந்தாலும் அந்த நாகரிகத்தின் சராசரி வாழ்நாள் ஆகிய இத்தனை விகிதங்களையும் அடுக்கிப் பெருக்கினால் என்ன விடை வருமோ அதுதான் இந்த அண்டத்தில் அதிமனித நாகரிகம் தோன்றி வாழ்ந்து கொண்டிருப்பதற்கான சாத்தியக் கூறுகள்.

ஆயிரங்கோடி ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் இந்த அண்ட சராசரங்கள் தோன்றிய காலம் முதல் இன்று வரை ஆயிரங்கோடி விண்மீன்கள் உருவாகி இருக்க வேண்டும்.

அவற்றில் 200 விண்மீன்களுக்கு, குறைந்தது 10 விண்மீன்கள் வீதமாவது கோள்கள் கொண்டவையாக இருக்கக் கூடும் எனக் கருதப்பட்டது. எனில் கோள்கள் கொண்ட விண்மீன் மண்டலங்கள் மொத்தம் 50 கோடி.

நமது சூரிய மண்டலத்திலேயே இன்று பூமி தவிர, செவ்வாய், வியாழன் கோளின் யூரோப்பா, சந்திரன் மற்றும் சனிக் கிரகத்தின் டைட்டன் துணைக் கோள் போன்று மூன்று அல்லது நான்கு வான்பொருட்களில் உள்ளதாம். பிற விண்மீன் மண்டலங்களிலும் நாலைந்து கோள்கள் இருக்கக்கூடும். இல்லையென்றால், அவை ஒவ்வொன்றிலும் நம் பூமி மாதிரி ஒரே ஒரு கோளில் மட்டும்தான் உயிர் இருப்பதாகக் கொண்டாலும், அண்டவெளியில் தண்ணீர் உள்ள கோள்கள் எண்ணிக்கையில் 50 கோடி என்றாகிறது. தண்ணீர் இருந்தால் தானே அங்கு உயிரினங்கள் உற்பத்தி ஆகும்?

அவ்வாறானால் அங்கு எல்லாம் ஆர்.என்.ஏ போன்ற உயிரித் துணுக்குகள், அமினோ அமிலங்கள், கார்போஹைடிரேட்டுகள் உருவாகி இருக்க வேண்டுமே.

இப்படியே ஒவ்வொன்றாகக் கணக்குப் பெருக்கிப் பார்த்தால் 10,000 ஆண்டுகள் கொண்ட ஒவ்வொரு அறிவார்ந்த நாகரிகயுகமும், ஆக ஏறத்தாழ 10,000 நாகரிகங்கள் இன்றுவரை அண்டவெளியில் உருப்பெற்றிருக்க வேண்டும். அப்படியானால் ஒவ்வொரு இரண்டு கோடி விண்மீன்களுக்கு ஒரு நாகரிகம் என்றாகிறது.

மேலும் இந்த அண்டத்தில் அத்தகைய நாகரிகம் நம்மில் இருந்து 1000 ஒளி ஆண்டுகள் அருகில் இருந்தாக வேண்டும். அதாவது ஒளி அந்த புவி சாரா விண்மீனில் இருந்து நம்மை வந்தடைய 1000 ஆண்டுகள் பிடிக்கும்.

ஒளி வேகம் என்பது நொடிக்கு 3 இலட்சம் கிலோ மீட்டர்கள் என்பதால் அதே வேகத்தில் நாம் அனுப்பும் தகவல்களும் அந்த வேற்றுக்கிரகத்திற்குப் போய்ச் சேரவே 1000 ஆண்டுகள் பிடிக்கும். அதற்கு அந்த அண்டவெளி 'அதிமனித' உயிரினங்கள் பதில் அனுப்ப விரும்பி (?) ஒரு வேளை மறுமொழி யும் அனுப்பினால் அது நம்மை வந்தடைய அடுத்த 1000 ஆண்டுகள் ஆகுமே.

அதாவது– திருவள்ளுவர் காலத்தில் ஏறத்தாழ 2000 ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் பூமியில் இருந்து நாம் ஒரு தகவல் அனுப்பி இருந்தால் அதற்குரிய பதில் விண்வெளியில் ஏதேனும் அதி நாகரிகவாசியிடம் இருந்து இன்றைக்குத் தான் நம்மை வந்து சேரும் என்று அர்த்தம். அப்போது அவர்கள் அனுப்பிய தகவலும் மிகப் பழையது ஆகி இருக்கும். அவ்வாறே இன்று அண்டவெளி மனிதருக்கு நாம் அனுப்பும் தேடல் மின்காந்த அலைத் தகவலுக்கு

அவர்களிடம் இருந்து நமக்குப் பதில் வரும்போது நம்மில் பல தலைமுறை கழிந்து இருக்கும். ஒருவேளை அன்றைய எழுத்து மொழி வடிவம் எல்லாம் இன்றைக்கு மாதிரி கணினி ஈரிலக்கக் குறியீட்டினை அடிப்படையாகக் கொண்டிருக்கும் என்பதற்கு எந்த உத்தரவாதமும் இல்லை.

இருப்பினும் 'ஃபீனிக்ஸ்' **(Project Phoenix)** திட்டத்தின் கீழ் கலிஃபோர்னி யாவில் 100 மீட்டர் குறுக்களவு கொண்ட அலைதிரட்டி வழி 200 ஒளி ஆண்டுகளுக்கு அருகிலுள்ள வயதான 1000 விண்மீன்கள் துருவி ஆராயப்பட்டு வருகின்றன. அமெரிக்காவில் ஹார்வார்டு பல்கலைக் கழகத்தில் 'பில்லியன் அலையோடை புவிசாரா உலக ஆய்வு' **(Billion Extra-Terrestrial Assay)** எனும் 'பீட்டா' **(BETA)** திட்டம் அண்டவெளியில் தண்ணீர் தட்டுப் படுகிறதா என்று ஆராய்ந்து வருகிறது.

விண்வெளியில எங்கேனும் தண்ணீர் இருந்தால் அங்கு உயிரினம் உருவாக வாய்ப்பிருக்கிறது என்று அர்த்தம். அதனாலேயே 1.40 முதல் 1.72 கிகா ஹெர்ட்ஸ் அலைவரிசையில் (ஒரு கிகா ஹெர்ட்ஸ் என்பது நொடிக்கு 100 கோடி அலைவுகள்) ஹைடிரஜன் அணுக்களும், ஹைடிராக்சில் எனும் அணுத்திரள்களும் பதிந்த தடயங்களைத் தேடி உலகெங்கும் ஆராய்ச்சி தொடர்கிறது.

அதுவே விஞ்ஞானப் பாதையில் நாம் வைத்த புதியதோர் அடி வைப்பாகும். அறிவுக்கெட்டிய ஆற்றல் வளத்தை அள்ளி அனுபவிக்கத் தொடங்கும் சகாப்தத்தில் பற்றாக் குறை தீரும்.

"ஆஹா என்றெழுந்தது பார் யுகப் புரட்சி" என்று, கூடி நாமும் உற்சாகப் பரணி பாடலாம்.

கலைச்சொல் பட்டியல்

அ

அக நெறிப்பாடு – Internal guidance

அகச்சிவப்பு ஒளிப்படவியல் – Infra -red photography

அகச்சிவப்புக்கதிர் – Infra-red

அகச்சிவப்புக் கதிர்வீச்சு – Infra-red radiation

அகச்சிவப்புக் குறியுணர்தல் – Infra-red homing missile

அகச்சிவப்புத் துலக்கிகள் – Infra-red detectors

அகச்சிவப்புத் தொலைகாட்டிகள் – Infra-red telescopes

அகச்சிவப்புத் தொலைகாட்டி வசதி – Infra-red telescope facility

அகச்சிவப்பு நிழற் படங்கள் – Infra-red imageries

அகச்சிவப்பு வானவியல் செயற்கைக்கோள் – Infra-red astronomical satellite

அகச்சிவப்பு விண்வெளி வானாய்வகம் – Infra-red space observatory

அகழ்வாராய்ச்சி – Archaeology

அசைச் செதிள்கள் – Movable fins

அட்சரேகை – Latitude

அடிப் பட்டை அலைவரிசை அமைப்பு – Base band system

அடிப் பட்டை அலைவரிசை குறியீடு அகற்றி – Base bar.d decom mutation

அடுக்கு – Layer

அண்டக்கதிர்ச் செயற்கைக்கோள் – Cosmic ray satellite

அண்டப் பின்புல ஆய்வுக்கலன் – Cosmic background explorer

அண்ட வெளியின் மின்ம விசை	– Plasma
அணுஎடை	– Atomic weight
அணுக்கரு ஆற்றல்	– Nuclear energy
அணுக்கரு ஏவூர்திப் பொறி	– Nuclear rocket engine
அணுக்கருக் கனற்சி	– Nuclear combustion
அணுக்கருப் பிணைவு ஏவூர்திப் பொறி	– Nuclear fusion rocket engine
அணுக்கருப் பிணைவு	– Nuclear fusion
அணுக்கருப் பிளவு	– Nuclear fission
அணுகுண்டுச் சோதனை கண்டு துலக்கும் செயற்கைக்கோள்கள்	– Nuclear explosion
அதி உயர் அதிர்வெண்	– Very High Frequency – VHF
அதி குளிரியப் பொறிகள்	– Cryogenic engines
அதிகுளிரிய நீர்ம எரிபொருள்கள்	– Cryogenic liquid propellants
அதி புற ஊதா ஆய்வுக்கலன்	– Extreme ultraviolet explorer
அதிமிகையொலி	– Hypersonic
அதிர்வு ஆய்வு மேடை	– Vibration table
அதிர்வெண் பண்பு இறக்கம்	– Demodulation
அதிர்வெண் பண்பேற்றம்	– Frequency modulation
அதிர்வெண் பின்னல் அவிழ்ப்பு	– Frequency discriminations
அதிர்வெண் வகுப்பீட்டுப் பின்னல்	– Frequency division multiplexing
அதிரடிகள் ஆவணம்	– Naval space tactics manual
அயன மண்டல இயற்பியல்	– Ionospheric physics
அயன மண்டலம் வேதியியல்	– Ionospheric chemistry
அயனிப்பாடு ஆற்றல்	– Ionization energy
அயனிப்பாடு- மின்னியங்கியல்	– Ionization and Electrodynamics
அயனி மண்டலம்	– Ionosphere
அயனியாக்க மின்னழுத்தம்	– Ionization potential
அர்த்த ராத்திரியில் சூரியப் பிரகாசம்	– Sunshine at midnight
அரசவைப் பாசறை	– Royal arsenal
அருகு அகச்சிகப்பு நிறமாலையளவி	– Near infra-red spectrometer
அலகுகள் அணையம்	– International Commission on Radiological Units
அலம்பி	– Sloshing

அலைச்சிதறல்மானி – Scatterometer
அலை நீள ஒளிக்கதிர் – Visible light
அலைப்பட்டை – Bandwidth
அலைப் பண்பேற்ற நுட்பங்கள் – Modulation techniques
அலைபரப்பிகள் – Antennas
அலைபரப்பி – Transmitting antenna
அலைமாலை அளவி – Spectrometer
அலைவாங்கி – Receiver
அலைவீச்சு – Amplitude
அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம் – Amplitude modulation
அலையேற்றுப் பரப்பிகள் – Spacecraft transponders
அவிபடு பொருள்கள் – Ablative materials
அழுத்தக் கலன்கள் – Pressure vessels
அழுத்தத் தள்ளுவிசை – Pressure thrust
அழுத்தமானி – Membrane manometer
அளந்தறிதல், தடம் அறிதல் – Tracking
அளப்பியல் – Satellite telemetry
அளவைகள் – Parameters
அறிவியல் செயற்கைக் கோள்கள் – Scientific satellites
அறிவியல் தரவு – Scientific data
அறிவியல் தொழிலியல் துறை – Department of Science and Technology

ஆ

ஆகாயத்தில் தெரு விளக்குகள் – Street lamps in the sky
ஆரநிலை – Radial burning
ஆரம்பநிலை எச்சரிக்கைச் செயற்கைக்கோள்கள் – Early warning satellites
ஆராய்ச்சி மையம் – Industrial Technology Research Institute
ஆழ்விண்வெளி தகவல் தொடர்பு – Deep space network
ஆற்றல் ஈட்டு விகிதம் – Energy yield ratio

இ

இடுகல்	– Slot
இடைமண்டலம்	– Mesosphere
இடையொலி	– Transonic
இணக்கி	– Plasticizer
இணை உந்து பொறி	– Strap-on engine
இணைஉந்துவிகள்	– Strap-on motors
இணை மின் முனைகள்	– Parallel electrodes
இந்திய தேசியச் செயற்கைக் கோள்கள்	– Indian national satellites
இந்தியத் தொலையுணர்வுக் கூடம்	– Indian Institute of Remote Sensing -IIRS
இந்தியத் தொழிற்துறைகளின் இந்தியத் தொழிலியல் கூடம்	– Indian Institute of Technology
இந்தியத் தொழிற் துறைகளின் கூட்டமைப்பு	– Confederation of Indian Industries
இந்தியப் புகைப்பட விளக்க நிறுவனம்	– Indian Photo Interpretation Institute
இந்திய வன அளவை நிறுவனம்	– Forest Survey of India
இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சி நிறுவனம்	– Indian Space Research organisation
இந்திய வெப்பப் பிராந்திய வானியல் நிறுவனம்	– Indian Institute of Tropical Meteorology
இந்தியாவின் புவிவள அளவை	– Geological Survey of India
இந்துப்பு	– Salt petre
இயக்கத் திறன்	– Operational capability
இயக்கமுறை ஒருங்குகள்	– Operational systems
இயக்கமுறைச் சோதனை	– Operational testing
இயக்குமுறைப் பறப்புகள்	– Operational flights
இயக்கிடு தன்மை	– Operability
இயங்கமைப்பு	– Mechanism
இயங்கியல்	– Dynamics
இயங்கு மட்ட, குத்து அளவி	– Cinithedo-lites

இயந்திரவியல் பண்புகள்	– Mechanical properties
இயல்பாக்கப்பட்ட வேளாண் குறியீட்டு அளவெண் வேறுபாடு	– Normalised Difference Vegetation Index
இயல்மாற்றிகள்	– Transducers
இரட்டை அலைமாலை மற்றும் அகச்சிகப்புத் தொலைவுத் துலக்கி	– Bispectral and infrared remote detection
இரட்டைச் சுழற்றி வடிவாக்கம்	– Dual spinner configuration
இரட்டைப் பசை	– Double base
இரட்டைப் பயன் சுமைகள்	– Dual payload
இரண்டாம் பாய்மம்	– Secondary fluid
இராணுவத் தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள்	– Military communication satellites
இராணுவப் பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்கள்	– Military navigation satellites
இராணுவ வானிலை முன்னறிவிப்புச் செயற்கைக்கோள்கள்	– Military weather forecasting satellites
இருமடி	– Square
இழுமத் தகைவெண்	– Modulus of elasticity
இறுதி நாள் எண்ணிறக்கி	– Count-down
இறுதி நீள்திறன்	– Ultimate tensile strength
இனப் பசைகள்	– Pastes

ஈ

ஈர்ப்பு எதிர்விசை	– Antigravity
ஈரச்சு நீட்சித் தகைவு	– Biaxial strain
ஈரியல் உந்து எரிபொருள்	– Composite propellant
ஈரியல் திருத்திய இரட்டைப் பசை எரிபொருள்	– Composite modified double – base propellant

உ

உட்கூறுகள்	– Components
உட்பூச்சு	– Liner

உடன் தீப்பற்றாக் கலவை – Non-hypergolic mixture
உடன் தீப்பற்றும் கலவை – Hypergolic mixture
உடுமண்டலங்கள் – Galaxies
உடுமண்டலத் தொகுப்பு – Galaxy cluster
உதை பொறிகள் – Kick motors
உந்தச் சக்கரம் – Momentum wheel
உந்து எரிபொருள் தொழில்நுட்பம் – Propellant technology
உந்து பொறிகள் – Boost motors
உந்தும ஊக்கிப் பொறி – Booster motor
உந்துமத் தள்ளுவிசை – Momentum thrust
உந்துமத் தாங்கிப் பொறி – Sustainer motor
உந்தும விசை – Propulsive force
உயர் ஆற்றல் வானவியல் ஆய்வகம் HEAO-1 – High Energy Astronomy Observatory
உயர் இழுமத் தகைவெண் – Modulus of elasticity
உயர் ஏற்புவிகிதம் – High gain
உயர் மின்னழுத்த மின்நிலைப்புலம் – Electrostatic field
உயர்வளிமண்டலம் – Upper atmosphere
உயிர்நாளத் தொடர்புகள் – Umbilical connections
உயிரி-வான வியல் – Bio-astronomy
உருள்தாங்கிகள் – Bearings
உலகங்களின் பன்மை – Plurality of worlds
உலகளாவிய இருப்பிடம் உணர்த்து அமைப்பு – Global positioning system
உலகளாவிய ஒளிரப்பு – Global telecast
உலகளாவிய வானொலிச் சேவை – Global broadcast service
உலோக எரிபொருள் – Metallic fuel
உள்மட்ட ஏவூர்தி – Ullage motor
உள்வட்டாரங்கள் – Inner zones
உள்ளீடு அச்சு – Input axis
உளவுச் செயற்கைக்கோள்கள் – Spy satellites, Intelligence satellites

ஊ

ஊடுருவுத் திறன் – Penetrating power
ஊர்தித் தொலை அளப்பியல் – Vehicle telemetry

எ

எக்ஸ் கதிர் பல ஆடித் திட்ட இலக்கு – X-ray multi-mirror mission
எடையின்மை நிலை – State of weightlessness
எதிர்த் திசை ஏவூர்தி – Retrograde rocket or Retro – rocket
எதிர்-மின்னணுத்தாரை – Counter-electro jet
எதிரீட்டுச் செயற்கைக்கோள் – Anti-Satellite
எரிநடுக் குழல் – Propellant port
எரிபொருள் தண்டு – Propellant grain
எரியூட்டு வெப்பநிலை – Ignition temperature
எரிவிண்கற்கள் – Meteoroids
எரி விண்மீன்கள் – Shooting stars
எரிவேகம் – Burn-rate
எரிவேகம் மாற்றி – Burn-rate modifier
எரிவேக முடுக்கிகள் – Burn rate accelerators

ஏ

ஏவுக் கட்டுப்பாட்டு மையம் – Launch control centre
ஏவுகலன் எழுநிலை – Take-off
ஏவுத் தம்பம் – Launcher
ஏவுதல் நிறுத்திவைப்பு மற்றும் விடுவிப்பு செயல்நுட்பம் – Launch hold and release mechanism
ஏவு முகாம் – Launch campaign
ஏவு மேடை – Launch pad
ஏவூர்தி உந்து எரிபொருள்கள் – Rocket propellants
ஏவூர்திகள் – Rockets
ஏவூர்தித் தொகுப்பு வசதி – Vehicle assembly bay
ஏவூர்திப் பயன்பாட்டு அணுக்கருப் பொறி – Nuclear engine for rocket vehicle application

ஏவூர்திப் பொறி	– Rocket engine
ஏவூர்திப் பொறிகளின் வீச்சுத்திறன்	– Ballistic property
ஏவூர்தியின் மிகுபயன் விரிபரப்பு விகிதம்	– Optimum expansion ratio
ஏற்றுவாங்கும் கதிரலைகள்	– Carrier waves
ஏற்று வாங்குதல், தொலை வளப்பு	– Telemetry
ஏறும் செயற்கைக் கோளின் பாதை ஏறுமுகம்	– Ascending pass

ஒ

ஒத்தியக்கக் குத்துயரம்	– Geo-synchronous altitude
ஒத்தியக்கம்	– Synchronization
ஒத்தியல்பு	– Compatibility
ஒத்தியைபுத் திட்பம்	– Compatibility
ஒப்புத்திறன்	– Specific power
ஒப்பு விசை எண், ஒப்பு உந்து விசை எண்	– Specific impulse – Isp
ஒருங்கு உட்கூறுகள்	– System elements
ஒருங்கூட்டுச் சோதனை	– Integrating testing
ஒலியலைகள்	– Sound waves
ஒலியியல் ரேடார்	– Acoustic radar
ஒழுங்கு புவி இயற்பியல் நாட்கள்	– Regular geophysical days
ஒளி இழை இணைப்புகள்	– Optical fibring
ஒளிக்கதிர்	– Visible light
ஒளிச் சிதைவு	– Photo dissociation
ஒளித்துகள் ஏவூர்தி	– Photon rocket
ஒளிப் படப்பதிவு அமைப்பு	– Video imaging system
ஒளிப்பட வேவுச் செயற்கைக்கோள்	– Photographic reconnaissance satellite
ஒளிமின்கலன்கள்	– Photo cells
ஒளியாண்டுகள்	– Light years
ஒளியியல் உபகரணங்கள்	– Optical instruments

ஒளியியல் தொலைகாட்டிகள் – Optical telescopes
ஒளியியல் வேவுச் செயற்கைக்கோள்கள் – Photo reconnaissance satellites
ஒளிர்ந்திருக்கும் தரவுக்குறிப்பு – Data signal
ஒளிவேதியல் நிகழ்ச்சிகள் – Photo chemical processes
ஒற்றைப் பசை – Single base

ஓ

ஓசோன் எண் அடர்த்தி – Ozone number density
ஓரியல் உந்து எரிபொருள் – Homogeneous propellant

க

கட்புலக் கூர்ந்தாய்வு – Visual observation
கட்டமைப்புச் சோதனை – Structural test
கட்டளை நெறிப்பாடு – Command guidance
கட்டுப்பாட்டு ஒருங்குகள் – Control systems
கட்டுப்பாட்டுக் கருவிகள் – Control devices
கடல் ஆய்வு செயற்கைக்கோள் – Marine observation satellite
கடல் வளம் – Marine resources
கடலியல் – Oceanography
கடின எக்ஸ் கதிர் வீச்சு – Hard X-ray
கண்டங்கள் சலனக் கொள்கை – Continental drift
கண்டங்களிடை வீச்சுக் கணை – Inter-continental ballistic missile
கண்ணாடி இழை – Fibre glass
கண்ணாடி மாறு வெப்பநிலை – Glass transition temperature – Tg
கணிப்பீட்டியல் பகுப்பாய்வு – Computational analysis
கணிப்பீடு – Computation
கதிர்வீச்சு வட்டாரங்கள் – Radiation zones
கதிர்வீச்சு வளையங்கள் – Radiation belts
கதிர் வெப்ப அளவி – Bolometer
கதிரலைகளின் அதிர்வெண் பட்டை – Frequency band
கதிரலைக் கட்டளை – Radio command

கதிரலைத் தொலை அளப்பியல் அமைப்பு	– Radio telemetry system
கதிரலை வானவியல் ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்	– Radio astronomy explorer
கதிரியக்க ஐசோடோப் சிதைவு ஏவூர்திப் பொறி	– Radio-active isotope decay rocket engine
கதிரியக்க ஐசோடோப் வெப்ப மின்னாக்கிகள்	– Radio-isotope thermo-electric generators
கம்பியில்லாத் தொடர்பு உலகம்	– Wireless world
கம்பிவழித் தொலை அளப்பியல்	– Line telemetry
கரி இழை	– Carbon fibre
கரிம நெகிழிகள்	– Plastics
கருத்தளவு உடன்படிக்கை	– Memorandum of ónderstanding
கருந்துளை விண்மீன்	– Black-hole
கரும்பஞ்சுமணல்	– Black cotton soil
கருவிகள் கூட்டமைவு	– Instrumentation
கரைப்பான்	– Solvent
கரைப்பான் பிதிர்வு முறை	– Solvent extrution process
கலப்பு நடலை உந்து எரிபொருள்கள்	– Hybrid propellants
களங்களிடைக் கருவியியற் குழு	– Inter- range instrumentation group
கற்பனைச் சமவெளி	– Imaginary plains
கற்பனை வரலாறுகள்	– Histoire comique
கற்றைச் சவாரி	– Beam – rider
கனல் நுட்ப வகை	– Pyrotechnic type
கனல் பிறப்பு வகை	– Pyrogenic type
கனற்சி அறை	– Combustion chamber
கனற்சிப் பரப்பு	– Combustion surface
காந்த துருவங்கள்	– Magnetic poles
காந்த நாடாக்கள்	– Mag-tapes
காந்தப்புல ஒழுக்கு	– Magnetic flux
காந்தப் புலம்	– Magnetic field

காந்தப் புயல்	– Magnetic storm
காந்தப் பேரழல் கருவிகள்	– Magneto-plasma devices
காந்த பேரழல் முடுக்கிகள்	– Magneto-plasma accelerators
காந்தமண்டலம்	– Magnetosphere
காப்புறை	– Insulation
காலத் தருண இடமாற்றி அமைப்பு	– Quadri-Phase Shift Keying-QPSK
கால வகுப்பீட்டுப் பின்னல்	– Time division multiplexing
காற்றிடை மீள்நிலைத் தன்மை	– Aeroelastic stability
காற்றியங்கியல் இழுப்பு	– Aerodynamic drag
காற்றியல்	– Aeronomy
காற்று இயங்கியல்	– Aerodynamics
காற்று இழுப்பு	– Drag
காற்று இழுப்பு விசை	– Aerodynamic drag
காற்றுச் சுரங்கப் பரிசோதனை	– Wind tunnel testing
காற்று நுண்துளிகள்	– Aerosols
காற்று - விண்வெளித் தொலை அளப்பியல்	– Aerospace telemetry
காற்று வெப்ப இயங்கியல்	– Aero thermo dynamics
காற்று வெளிப் புகைப்படவியல்	– Aereal photography
கிடைமட்டக் காற்றுவீச்சு	– Winds
கீழிறங்கும் பாதை இறங்குமுகம்	– Descending pass
கீழிணைப்பு நிலையம்	– Down-link station
கீழைப் பரிசோதனை ஏவுதளம்	– Eastern test range
கீழை விண்வெளி ஏவுகணை மையம்	– Eastern space and missile center
கீறல்வயத் தன்மை	– Notch sensitivity
குத்துயரம்	– Altitude
குரல் ஒலித் தகவல் தொடர்பு	– Voice communication
குழாய்வினை	– Nozzling
குறியீடு அகற்றி முறைகள்	– Decoding systmes
குறியீட்டு எண்	– Vegetation index
குறியுணர்தல்	– Homing or target-seeking
குறியுணர் நெறிப்பாடு	– Homing guidance
குறுக்கு இணைப்புப் பொருள்கள்	– Cross linking agents

குறுங்கோள்கள் – Asteroids
குறுங்கோள்கள் இயங்குகிற படலம் – Asteroid belt
குறுவிசை உந்துப் பொறி – Cruising engine
குறை ஆவியாதல் – Low volatility
குறைவினைக் குறியுணர் நெறிப்பாடு – Semi-active homing guidance
குறையொலி – Subsonic
கூட்டுக் குழைமங்கள் – Binder matrix
கூட்டுப் பொறிகள் – Clustered engines
கூம்புக்குழல் தொண்டை – Nozzle throat
கூம்புக்குழல் விரிபரப்பு விகிதம் – Nozzle expansion ratio
கோர்வைப் பொருட்கள் – Composite materials
கோள்களிடைத் தகவல்களுக்கான பல்துறைக் குழு – Interdepartmental commission on inter-planetary communications

ச

சடத்துவ எடை – Inert weight
சதுப்பு நிலத்தில் நுரைத்துக் குமிழிடும் சாணவாயு – Marsh gas
சந்திர மோதுகலன் – Moon impact probe
சமனப்படுத்தல் – Stabilization
சமிக்ஞை பதப்படுத்திகள் – Signal conditioners
சவக்குழிப் பாதை – Graveyard orbit
சாகுபடி நிலப் பாதுகாப்பு – Conservation
சாய்நெடுக்கம் – Slant range
சாய்மானம் – Inclination
சிந்தனைப் பரிசோதனை – Thought experiment
சிற்றலைகள் – Short waves
சிறகுகள் – Wings
சிறிய தள்ளுவிசைப் பொறிகள் – Thrusters
சிறு கோள்கள் – Asteroids
சிறு வானியல் ஏவூர்தி – Minor meteorological rocket
சீரடுக்கு மண்டலம் – Stratosphere
சீரிய கனற்சி அறை – Ideal combustion chamber

சுமப்பு அலைப் பண்பேற்றம்	– Carrier modulation
சுழல் ஏவூர்தி	– Spin rocket
சுழலெதிர் மேடை	– De-spun
சுழற்சி அச்சு	– Spin axis
சுழற்சிச் சமனப்படுத்தல்	– Spin stabilisation
சுழி பாகை குறுக்கு	– Zero degree latitude
சுழியீர்ப்பு நிலை, சுழி நிலை நிறையீர்ப்புவிசை	– Zero gravity
சுற்றுச்சூழல் சோதனை	– Environmental test
சுற்றுச் சூழல் சோதனை அரங்கம்	– Environmental test chamber
சுற்றுப்புறக் கட்டுப்பாட்டு மாநிலக் குழு	– State Committee on Hydrometeorology and Control of Natural Environment = SCHCNE
சுற்று விரைவு, சுற்று வேகம்	– Orbital velocity
சூரிய அண்டக் கதிர்கள்	– Solar cosmic rays
சூரிய அப்பால் புள்ளி	– Aphelion
சூரிய அருகுப் புள்ளி	– Perihelion
சூரிய ஆற்றல்	– Solar energy
சூரிய ஒத்தியக்கச் செயற்கைக்கோள்கள்	– Sun synchronous satellites
சூரிய ஒத்தியக்க வட்டணை	– Sun-synchronous orbit
சூரிய ஒளித்திட்டம்	– Sunlight project
சூரியக் கதிர்வீச்சு அழுத்தம்	– Solar radiation pressure
சூரியப் பாய்	– Solar sail
சூரியப் புள்ளிகள்	– Sun spots
சூரிய மற்றும் கதிர்மண்டல வானாய்வகம்	– Solar and heliospheric observatory
சூரிய மின் கலன்கள்	– Solar batteries
சூரிய வானாய்வகம்	– Orbiting solar observatory
சூரிய வெப்ப ஏவூர்திப் பொறி	– Solar heating rocket engine
செங்குத்து	– Vertical
செந்தர எழுத்து இடுகுறிகள்	– Standard letter designations
செம்பூத விண்மீன்கள்	– Red giants

செயற்கைக்கோளின் தள ஒளிபரப்பித் திறன்	– Power of the onboard transmitter
செயற்கைக்கோளின் நடத்தை மற்றும் வட்டணை கட்டுப்பாடு	– Attitude and orbital control
செயற்கைத் துளை ரேடார்	– Synthetic aperture radar
செயலி உதவி	– Processing aid
செயலுறுதிறன்	– Effectiveness
செலுத்தும் ஏவுகலன்	– Launch vehicles
செவ்வாய் அறிவியல் ஆய்வகம்	– Mars science laboratory
செவ்வாய்க் கண்காணிப்பு விண்சுற்றி	– Mars reconnaissance orbiter
சேமிக்கத்தகும் நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள்	– Earth storable propellants
சோதனைப் பறப்புகள்	– Experimental flights

த

தகட்டுச் சுருள்கள்	– Jeta vators
தகவல் அலைபரப்பி	– Transmitter
தகவல் சுமப்பு அலைகள்	– Carrier waves
தகவல் சேகரிப்புத் துளை	– Aperture
தகவல் தொடர்பு	– Telecommunication
தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்	– Communication satellite
தகவல் தொடர்புப் பொறியியல் பரிசோதனைச் செயற்கைக் கோள்	– Communications engineering test satellite
தகவல் வலைப்பின்னல்	– Multiplexing
தகுதித்தர உறுதிப்பாட்டுச் சோதனை	– Verification of qualification
தகைவு அளவிகள்	– Strain gauges
தசைத் தொய்வு	– Muscular atrophy
தடமறிந்து தகவல் அஞ்சல் செய்யும் செயற்கைக்கோள்கள்	– Tracking and Data Relay Satellites-TDRS
தணிப்பான்	– Moderator
தரவு சேகரிப்பு ஒருங்குகள்	– Data acquisition system

தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையங்கள் – Ground stations
தரை காந்த நெறிப்பாடு – Terrestrial magnetic guidance
தரைக் குறிப்பீட்டு நெறிப்பாடு – Terrestrial reference guidance
தரைநிலைய ஆதார அமைப்புகள் – Ground support systems
தரைநிலையக் கருவியியல் – Ground instrumentation
தரை நெடுக்கம் – Ground range
தரைவழித் தகவல் தொடர்புகள் – Ground communications
தள்ளுவிசைக் கலன் – Thrust chamber
தள அலைபரப்பி – Onboard antenna
தள கணிப்பொறி – Onboard processor
தளத் தானியக்கிச் செயற்கைக்கோள் – Project for onboard autonomy
தளர்வு ஆயுள் – Fatigue life
தறுவாய்ப் பண்பேற்றம் – Phase modulation
தன்னச்சில் உருள்வு – Roll
தனிச் சுழற்றி வடிவாக்கம் – Simple spinner configuration
தனித்த மின்னணுக்கள் – Free electrons
தாம்புச் செயற்கைக்கோள் – Tethered satellite
தாரை உந்தும ஆய்வகம் – Jet propulsion laboratory
தாரைத் தகடுகள் – Jet vanes
தாரை விமானங்கள் – Jet planes
தாழ்புவி வட்டணை,
தாழ் புவி வட்டப் பாதை – Low earth orbit
தானியங்கி செலுத்து நிரல் தொடர் – Auto launch sequence
திசை திருப்ப இயக்கமுறை – Manoeuvring
திட்டக் கட்டுப்பாட்டு மையம் – Mission control center
திட்டப் பணி இலக்குகள் – Mission objectives
திண்ம உந்து எரிபொருள்கள் – Solid propellants
திண்ம உள்ளக அணுக்கரு உலை – Solid core nuclear reactor
திண்மப் பொருட் சுமை – Solid loading
திணைப்பட வரைவு – Thematic mapping
திருப்ப மண்டலம் – Troposphere
திறந்த மின்சுற்று அழுத்தம் – Open circuit voltage
திறன்கூட்டிய செயற்கைக்கோள்
ஏவுகலன் – Augumented satellite launch vehicle

தீநாளக் கற்றை விலக்கி	– Flame jet deflectors
தீர்க்கரேகை	– Longitude
துடிப்பு அணுக்கரு உந்துமம்	– Pulse nuclear propulsion
துடிப்பு அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம்	– Pulse amplitude modulation
துடிப்பலைக் குறிப்பேற்றம்	– Pulse-Code Modulation-PCM
துடிப்பூட்டப் பொறி நுட்பம்	– Pulsating mechanism
துணை ஒருங்குகள்	– Sub-systems
துணை ஏவூர்திப்பொறிகள்	– Auxilliary rockets
தும்பா நிலநடுக்கோட்டு ராக்கெட் ஏவுதளம்	– Thumba Equitorial Rocket Launching Station- TERLS
துருவ அழற்சுடர்	– Aurora
துருவப்பாதை	– Polar orbit
துருவப் பாதைச் செயற்கைக்கோள்கள்	– Polar satellites
துருவப் பாதைச் செயற்கைக்கோள்கள் ஏவுகனைகள்	– Polar satellites launch vehicle
தூண்டுவிக்கப்பட்டக் கதிர்வீச்சு உமிழ்வால் காந்தத்திறன் பெருக்கம்	– Magnetic amplification by stimulated emission of radiation
தூமகேது எச்சங்கள்	– Cometary debris
தூய்மையாக்கப்பட்ட மண்ணெண்ணெய்	– Refined reprocessed petrol
தென்னை மரங்களைத் தாக்கிய வேர்நோய்	– Wilt disease
தேசிய இயற்கை வள மேலாண்மை அமைப்பு	– National Natural Resources Management System
தேசியக் கடல் மற்றும் வளிமண்டல மேலாண்மை	– National Oceanic and atmospheric administration
தேசியக் கடலாய்வு மற்றும் தேசிய காற்றுப்பயண, விண்வெளி நிர்வாகம்	– National Aeronautics and Space Administration

தேசிய காற்று விண்ணாய்வுக் கூடம்	– National Aerospace Laboratory
தேசிய திறனாற்றலை வெளிக் காட்டும் அதிரடிப் பிரயோகம்	– Tactical employment of national capabilities
தேசியத் தொலையுணர்வுக் கழகம்	– National remote sensing agency
தேசியத் தொலையுணர்வு மையம்	– National Remote Sensing Agency
தேசியத் தொழில்நுட்பத் திட்டம்	– National technology mission on Drinking water
தேசிய போதை மருந்துக் கட்டுப்பாட்டுக் கொள்கை	– National drug control policy
தேசிய மண்வள அளவை, நிலப்பயன் திட்டக் கூட்டமைப்பு	– National bureau of soil survey and land use planning
தேசிய விண்வெளிச் சங்கம்	– National space society
தேசிய விண்வெளித் திட்டம்	– National space plan
தேசிய வேளாண் வறட்சி அனுமானம் மற்றும் கண்காணிப்பு அமைப்பு	– National Agricultural Drought Assessment and Monitoring System
தேடி மீட்கப் பயணத் தடமறிதல்	– Search and rescue aided tracking
தொங்காட்டக் கூம்புக்குழல்	– Gimballed nozzle
தொடர்புச் செயற்கைக்கோள்கள்	– Asia Pacific mobile telecommunications satellites
தொடர்போடை	– Channel
தொலைஅளப்பு அமைப்பு	– Telemetry system
தொலை உணர்வுச் செயற்கைக் கோள்	– Satellite Probatoired Observations Terrestics
தொலைஒளிப்படம்	– Telephoto
தொலைக்கட்டளை	– Telecommand
தொலைக் காட்சி மற்றும் அகச்சிகப்புக் கூர்ந்தாய்வுச் செயற்கைக்கோள்கள்	– Televison and Infrared Observational Satellite
தொலைத்தகவல் தொடர்பு	– Telecommunication

தொலைத் தந்தி	– Telegraph
தொலைபரப்பு	– Telecast
தொலை புற ஊதா ஆய்வுக்கலன்	– Far ultraviolet explorer
தொலை புற ஊதா நிறமாலை ஆய்வுக்கலன்	– Far ultraviolet spectroscope explorer
தொலையுணர்வு	– Remote sensing
தொலையுணர்வுக் கூடம்	– Institute of Remote Sensing
தொழில் நுட்பவியல் தரவுகள்	– Technological data
தொழில்நுட்பத்தில் மேம்பட்ட ஆராய்ச்சிக்கான சிறு பணி இலக்குகள்	– Small mission for advanced research in technology
தொழிலகத் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சி மையம்	– Industrial Technology Research Institute

ந

நகர்ந்தவாறே தொடர்ந்து படம்பிடிக்கும் படக்கருவிகள்	– Ballistic cameras
நகரும் பணிக் கட்டமைப்பு	– Mobile service structure
நகரும் பணிக் கோபுரம்	– Mobile service tower
நடத்தை மற்றும் சுற்றுப்பாதைக் கட்டுப்பாடு	– Attitude and Orbital Control
நடுத்தர அலைகள்	– Medium waves
நடுவளி மண்டலம்	– Middle atmosphere
நம்பகத் தன்மை	– Reliability
நவீன ஏவுகணை	– Modern rocketry
நவீன மேம்பட்ட எச்சரிக்கை அமைப்பு	– Advanced warning system
நிரல்படுத்தி	– Sequencer
நில வரியோட்டம்	– Landscan
நிலவியலர் லேசர் புவி இயங்கியல் செயற்கைக்கோள்	– Laser Geodynamics Satellite
நிலா அப்பால் புள்ளி	– Apolune
நிலா அருகுப் புள்ளி	– Perilune

நிலா ஆய்வுச் சுற்றுகலம் – Lunar exploration orbiter
நிலைச்சுற்றிகள் – Gyroscopes
நிலைத்துவப் பயண அமைப்பு முறை – Inertial navigation system
நிலைத்துவ புவிஈர்ப்பு நெறிப்பாடு – Inertial gravitational guidance
நிலை நிறுத்தம் – Station- keeping
நிலைப் பரிசோதனை – Static test
நிலைப் பளு அழுத்தங்கள் – Static loads
நிலைப் பளுவேற்று சோதனை – Static loading testing
நிலைப்பான் – Stabiliser
நிறைமாலை அளவி – Mass spectrometer
நிறையழிவு ஏவூர்தி – Mass annihilation rocket
நிறையீர்ப்பு இடைமாற்றச் சமனப்படுத்தல் – Gravity-gradient stabilization
நிறையீர்ப்பு இறக்கப் பளுக்கள் – Gravity gradient loads
நிறையீர்ப்பு உதவி முடுக்கம் – Gravity assist acceleration
நிறையீர்ப்புப் புலம் – Gravitational field
நினைவாற்றல் உலோகங்கள் – Memory metals
நீர்ம அதிர்வுத் திருத்தி – Po-go corrector
நீர்ம ஈருந்து எரிபொருள்கள் – Bi - propellants
நீர்ம உந்து ஏவூர்தி – Liquid propellant rocket
நீர்ம உள்ளக அணுக்கரு உலை – Liuqid core nuclear reactor
நீர்ம எரிபொருள்கள் – Liquid fuels
நீர்ம ஒருந்து எரிபொருள்கள் – Liquid monopropellants
நீர்மநிலை உந்து எரிபொருள்கள் – Liquid propellants
நீர் வளம் – Hydrology
நீர்-வானிலை இயல் மற்றும் இயற்கைச் சுற்றுப்புறக் கட்டுப்பாட்டு மாநிலக்குழு – State Committee on Hydrometeorology and control of Natural Environment -SCHCNE
நீர்வானிலை இயல் மையம் – Hydro-meterological centre
நீள்திறன் – Tensile stress
நீள்வட்டப் பாதை அல்லது நீள் வட்டணை – Ecliptical orbit

நீளுமை	– Elongation
நீற்றுச் சுண்ணாம்பு	– Quick lime
நுட்பங்கள் உணர் செயற்கைக்கோள்	– Earth Resources Technology Satellite – ERTS
நுண் ஏவூர்தி	– Micro rocket or vernier rocket
நுண்கிருமி நீக்கப் போதிய வசதிகள்	– Sterilisation requirements
நுண் செயற்கைக்கோள்	– Micro satellite
நுண்ணலை திசைப் பாங்கிலா ஊடுருவி	– Microwave anisotropy probe
நுண்ணலை திரட்டிகள்	– Microwave antennas
நுண்ணோக்கி, மின்வேதியியல் மற்றும் மின்கடத்துப் பகுப்பாய்வி	– Microscopy, Electrochemistry and Conductivity analyser
நுண் மின்னணுவியல்	– Micro electronics
நுண் விண்தாதுக்கள்	– Micro-meteorites
நுனிக்கூம்பு	– Nose-cone
நுனி நிலை எரிதல்	– End burning
நெடுக்கம்	– Frequency range
நெளிவு	– Deflection
நேர்மின் அயனி	– positive ion
நேரியக் கனற்சி அறை	– Straight combustion chamber
நொறுங்கு தன்மை	– Brittleness
ப	
பக்க வாட்டில் சரிவு	– Yaw
பகுதி குளிரிய நீர்ம உந்து எரிபொருள்கள்	– Semi-cryogenic liquid propellants
பகுதிறன்	– Resolution
பசுமைக் குடில் வாயுக்கள்	– Green house gases
பசுமைக்குடில் விளைவு	– Green house effect
பதிக்கப்பட்ட வெடிநாளங்கள்	– Explosive cords
பயண அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்	– Navigation Satellite
பயணக் கட்டுப்பாடு மற்றும் நெறிப்பாடு	– Navigation control and guidance

பயணத்தடம்	– Trajectory
பயண நெறிப்பாடும் கட்டுப்பாடும்	– Guidance & Control
பயண மின்னியல் சோதனை	– Avionics testing
பயணவியல்	– Aviation
பயன்சுமை	– Payload
பயன்பாட்டு தொழில்நுட்பச் செயற்கைக் கோள்	– Application Technological Satellite, ATS
பயன் விரிவடைதல்	– Optimum expansion
பரப்பவும் ஏற்று வாங்கவுமான கருவி	– Transmitter and receiver
பரவளைய பிரதிபலிப்பு அலைதிரட்டிகள்	– Paraboidal reflectors
பரவளைவு அலை திரட்டிகள்	– Parabolic antennas
பராமரிப்பு	– Maintenance
பரிசோதனை விண்வெளி நிலையம்	– Experimental space station
பல அலைநீளச் சூரியக் கதிரளவி	– Multi wave length solar radiometer
பல கட்ட ஏவுகலன்	– Multi-staged vechicle
பல கட்ட ஏவூர்திகள்	– Multi-stage rockets
பலகை ஓவியங்கள்	– Wood cutouts
பல பொறி கொண்ட ஏவூர்தி	– Multi-engine rocket
பளு ஏற்புத் திறன்	– Endurance analyser
பறக்கும் தீ	– Ignis volans
பறக்கவிடும் ஏவுகலன்கள்	– Launch vehicles
பன்கூறுப் பொருள்கள்	– Polymeric materials
பன்முகத் தொலைவு அளப்பு	– Multi-channel telemetry
பன்னாட்டு அறிவியல் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிக் குழு	– Board on Science and Technology for International Development – BOSTID
பன்னாட்டு ஏவுகலன் செலுத்தும் சேவை நிறுவனம்	– International launch services
பன்னாட்டு கடல் தகவல் செயற்கைக்கோள்	– International maritime satellite

பன்னாட்டுக் கதிர்வீச்சியல் அலகுகள் ஆணையம்	– International Commission radiological units
பன்னாட்டுத் தொலைக்காட்சி அதிகார அமைப்பு	– International Television Authority
பன்னாட்டுத் தொலைத் தகவல் தொடர்பு ஒன்றியம்	– International telecommunication union
பன்னாட்டுத் தொலைத்தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள் நிறுவனம்	– International Telecommunications Satellite Organisation
பன்னாட்டு புவி அறிவியலும் தொலையுணர்வும்	– International geoscience and remote sensing symposium
பன்னாட்டு புற ஊதாக்கதிர் ஆய்வுக்கோள்	– International ultraviolet explorer
பன்னாட்டு விண்சுற்று நிலையம்	– International space station
பன்னிறமாலை ஒளிப்படக் கருவி	– Multispectral photography
பன்னிறமாலை வரியோட்டி	– Multi-spectral scanner
பாதுகாப்பு	– Safety
பாதுகாப்புச் செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு அமைப்பு, பாதுகாப்புத்துறைச் செயற்கைக் கோளின் தகவல் தொடர்பு அமைப்பு	– Defence satellite communication system
பாய்மப் படுகை அணுக்கரு உலை	– Fluidized bed nuclear reactor
பாய்ம விகிதம்	– Flow rate
பால்வீதி	– Milky Way
பிம்ப அலசல் அமைப்புகள்	– Image processing system
பிம்ப உளவுத் தகவல்	– Image intelligence
பிரதிபலிப்பு உயர்வெப்ப உலை	– Reflected epithermal reactor
பிரபஞ்ச தண்டவாளம்	– Cosmic railway
பிரதிபலிப்பு வெப்ப உலை	– Reflected thermal reactor

பின்தங்கல்	– Drift
பின்னல்வகை	– Multiplexing
பின்னோட்ட உந்துபொறிகள்	– Retro-motors
பின்னோட்டப் பாதை	–Retro-grade orbit
புகைப்படப் பதிவிகள்	– Photographic recorders
புதுவிண்மீன்கள்	– Novas
புதைபடிவ எரிபொருட்கள்	– Fossil fuels
புரோட்டான் மண்டலம்	– Protonosphere detection satellites
புவி அப்பால் புள்ளி	– Apogee
புவி அருகுப் புள்ளி	– Perigee
புவிஇயல்	– Geography
புவி இயற்பியல் ஏவூர்திகள்	– Geophysical rockets
புவி இயற்கை வளத்தொழில் நெகிழ்மங்கள்	– Reinforced plastics
புவி ஒத்தியக்க வட்டணை	– Geosynchronous orbit
புவி ஒத்தியக்கச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலன்	– Geosynchronous satellite launch vehicle
புவி காந்த மண்டலம்	– Magnetosphere
புவி காந்தப்புல அச்சு	– Geomagnetic axis
புவிக் குரல்கள்	– Voices of earth
புவிசாரா உலகங்களில் அறிவாண்மை தேடல்	– Search for extra - terrestrial intelligence
புவி நிலையம்	– Earth station
புவிநிலை இயல்	– Geodesy
புவிநிலை வட்டப்பாதை	– Geo-stationary orbit
புவியியல் தகவல் ஒருங்கு	– Geographic information system
புவியின் ஈர்ப்புவிசை	– Gravitational force
புவியின் காந்த நடுக்கோடு	– Earth's magnetic equator
புவி வளம்	– Geology
புவி விடுபடு விரைவு	– Escape velocity

புற அழுத்தம்	– External pressure
புற உயர் அதிர் வெண்	– Ultra high frequency
புற ஊதா ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்	– Ultraviolet satellite
புறஊதாக் கதிர்	– Ultra-violet
புறக்கூம்புக் குழாய்	– Nozzle
புறமண்டலம்	– Exosphere
புற வாகனச் செயல்பாடு	– Extra - vehicular activity
பூகோள வளிமண்டல மின்சுற்று	– Global atmospheric electric circuit
பூமிப் புற ஊதாக் கதிர்	– Extreme ultra violet ray
பொருள் அழியாப் பரிசோதனை	– Non-destructive testing
பொருள் நிலைகள்	– States of matter
பொறி நெரித்தல்	– Engine throttling
போர்த் தளவாடங்களான ஏவுகணைகள்	– Missiles
போலி வண்ணக் கோர்வைகள்	– False colour composites
போலிவண்ணத் தோற்றம்	– False colour imagery
ம	
மடக்கி உயர்த்தத் தகும் தளங்கள்	– Foldable – cum – vertically retrievable platforms centre - RRSSC
மண்டலத் தொலையுணர்வுச் சேவை மையங்கள்	– Regional Remote Sensing Services centre
மரபுக் கனற்சி அறை	– Conventional combustion chamber
மலர்த் தாவரங்கள்	– Flora
மனிதத் திசை திருப்பு அமைப்பு	– Manned manoeuvring unit
மாநில ஆய்வு மற்றும் விண்வெளி உற்பத்தி மையம்	– State Research and Production Space centre
மாற்றல் சுற்றுப்பாதை	– Transfer orbit
மிகுபயன் செயல்திறன்	– Optimum performance
மிகு மின்நடுநிலைத் துகள்கள் பகுப்பாவி	– Chandrayan-I energetic neutrals analyser

மிகை அயனிபடு வளிமம்	– Heavily ionized gas
மிகை உயர் அதிர்வெண்	– Super high frequency
மிகை உலோகக் கலவைகள்	– Super-alloys
மிகைப்படுத்தி	– Amplified
மிகைப் புதுவிண்மீன்கள்	– Supernovas
மிகைப் புது விண்மீன் எச்சங்கள்	– Supernova remnants
மிகையொலி	– Supersonic
மிகையொலிவேகக் காற்றூர்திகள்	– Hypersonic planes
மிதவைத் துண்டங்கள்	– Tectonic plates
மிதி இயந்திரங்கள்	– Tread mills
மின் கடத்திலி	– Non-conductor
மின்காந்த அதிர்வூட்டிகள்	– Electro-magnetic exciters
மின்காந்த அலைக் குறுக்கீடு அரங்கு	– Electro magnetic interference Chamber
மின்காந்த அலை வரிசை தொகுதி	– Electromagnetic spectrum
மின் காந்தக் கருவிகள்	– Electro-magnetic equipments
மின்காந்தக் கதிரலை பரப்பிகள்	– Transmitters
மின்காந்தக் குறுக்கீடு அளவீட்டுக் கருவிகள்	– Electro-magnetic interferometers
மின்காந்த முடுக்கி அல்லது பேரழல் ஏவூர்திப்பொறி	– Electro magnetic accelerators
மின்காப்பு	– Insulation
மின் காப்பு மற்றும் உயவு	– Insulation and lubrication
மின்சமிக்ஞை உளவுத் தகவல்	– Signal intelligence
மின்தகவு அளவிகள்	– Potentiometers
மின்தடையம்	– Resistivity
மின் தடை வெப்ப அளவி	– Resistance thermometer
மின் நடுநிலை	– Electrically neutral
மின்நிலை முடுக்கி அல்லது அயன ஏவூர்திப் பொறி	– Electro-static accelerator or ion rocket engine

மின்மம் – Plasma
மின் வெப்ப ஏவூர்திப் பொறி – Electro – thermal rocket engine
மின் வெப்பப் பொறி – Electro-thermal engine
மின்னணுக்கள் – Electrons
மின்னணுத் தாரைகள் – Electrojets
மின்னணு வலவுக் கருவி – Electronic pilotage equipment
மின்னணுவியல் – Electronics
மின்னலைவு காட்டிகள் – Oscilloscopes
மின்னழுத்த மாறுபாடு – Potential difference
மின்னாற்றல் – Electrical energy
மின்னிலக்கக் கணிப் பொறிகள் – Digital computers
மின்னியற்றி – Generator
மின்னூட்டம் இணைக்கப்பட்ட கருவி – Charge coupled device
மின்னேற்றத்துகளின் நிறை – Mass of single charged particle
மீள்திறன் – Elasticity
மீள்பயன் ஏவுகலன்கள் – Reusable launch vehicles
மீள்ளிழைவுப் பளுக்கள் – Re-entry loads
மீள்ளிழைவு விண்கலம் – Re-entry vehicle
மீளுருவாக்கக் குளிர்விப்பு – Regenerative cooling
முடுக்க விசைகள் – Acceleration forces
முடுக்கிகள் – Acceleto-meters
முதன்மைக் கட்டுப்பாட்டு மையம் – Master control center
முப்பசை – Triple base
முப்பட்டைப் பிரதிபலிப்பான்கள் – Prisom reflectors
மும்மடி – Cube
முன்தள்ளி – Propeller
முன்பின் சாய்வு – Pitch
முறிவு – Fracture
மூடு வனங்கள் – Closed forests
மூலைக் கூம்புப் பிரதிபலிப்பான்கள் – Corner cube reflectors
மூலைப் பிரதிபலிப்பான்கள் – Corner reflectors
மூவச்சு அல்லது முழுமைச் சமனப்படுத்தல் – Three-axis or body stabilization

மெல் எக்ஸ் கதிர்வீச்சுகள் – Soft X-rays
மெழுகு – Wax
மென்படலக் குளிர்விப்பு – Film cooling
மேக வரியோட்டம் – Cloudscan
மேலை விண்வெளி ஏவுகணை மையம் – Western Space and Missile Center
மேம்பட்ட அதிஉயர் பிரிதிறன் கதிரலை அளவி – Advanced very high resolution radiometer
மேம்பட்ட தளர்வு ஆயுள் – Fatigue life
மேம்பாட்டுச் சோதனை – Development testing
மேம்பாட்டு பறப்புகள் – Developmental flights
மைய விலக்கு விசை – Centrifugal force
மோது அயனிப் பொறி – Bombardment ion engine

ர

ரேடார் குத்துயர அளவிகள் – Radar altimeters
ரேடாரினால்வேளாண் கண்காணிப்பு – Radar observation vegetation
ரோசனங்கள் – Resins

ல

லேசர் குத்துயர அளவிகள் – Laser altimeters

வ

வடபாதிக் கோளம் – Northern hemisphere
வடிவமைப்பு மற்றும் கட்டமைப்பு – Design and Structure
வணிக முறை பறப்புகள் – Commercial flights
வல்லுறுப்புச் சோதனை – Hardware testing
வலவு ஏவூர்தி – Steering rocket
வளங்குன்றா மேம்பாட்டுக்கு ஒருங்கிணைந்த திட்டம் – Integrated Mission for Sustainable Development
வளிம உள்ளக அணுக்கரு உலை – Gas core nuclear reactor
வளிமண்டல இழுப்பு விசை – Atmospheric drag
வளிமண்டல மேலாண்மை – National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA

வளிமம்	– Gas
வளிம மூலக் கூறுகள்	– Molecules
வளைவு	– Bending
வார்ப்பு	– Casting
வார்ப்பு இரட்டைப்பசை எரிபொருள்	– Cast double base propellant
வால்புறத் தகடுகள்	– Simulation testing
வால் விண்மீன்கள்	– Comets
வான் ஆய்வுச் செயற்கைக்கோள்	– Television and Infra – Red Observatory Satellite = TIROS
வானலை அதிர்வெண் ஏற்பி	– Radio frequency receiver
வானலை தொலைகாட்டி	– Radio telescope
வானலைகள்	– Radio waves
வானலை வானவியல் ஆய்வுக் கோள்	– Radio astronomy explorer
வானவியல்	– Astronomy
வானவியல் அலகு	– Astronomical unit
வானாய்வகம்	– Solar and heliospheric observatory
வானிலை	– Weather, Meteorology
வானிலை அதிர்வெண் அலைதிரட்டி	– Radio frequency receiving antenna
வானிலை அதிர்வெண் பரப்பிகள்	– Radio frequency transmitters
வானிலை ஆய்வுச் செயற்கைக் கோள்	– Meteorological satellite
வானிலை ஆய்வூர்தி	– Metereological rockets
வானிலையியல்	– Meteorology
வானிலை-வளிமண்டல ஊடுருவி	– Weather Atmospheric Sounding Projectile = WASP
வானூர்திச் சட்டமைப்பு	– Air-frame
வானொலிக் கண்ணாடி	– Radio mirror
வானொலித் தம்பங்கள்	– Radio beacons
விசை	– Force
விடுபடு விரைவு	– Escape velocity
விண் ஊடுருவிகள்	– Space probes
விண்கப்பல்கள்	– Spaceships
விண்கல் சுவடு ரேடார்	– Meteor trail radar
விண்கல் துகள்கள்	– Meteoric particles

விண்கூடுகள் – Space capsules

விண் கூடு மீட்புப் பரிசோதனை – Space-capsale recovery experiment

விண் சுற்றுச் சூரிய வானாய்வகம் – Orbiting solar observatory

விண்சுற்றுக் கூடங்கள் – Space stations

விண்ணக நெறிப்பாடு – Celestial guidance

விண்ணூர்திகள்,விண்கலன்கள் – Space crafts

விண்மீன்களிடை தகவல் தொடர்புத் தேடல் – Searching for interstellar communications

விண்மீன்களிடை மோதுதாரைப் பொறி – Inter-stellar ramjet engine

விண்வீழ் கற்கள் – Meteors

விண்வெளி அஞ்சல் நிலையங்கள் – Relay stations

விண்வெளி ஆராய்ச்சி – Space research

விண்வெளி இணக்கத் தொகுப்பீடு நோய் – Space-adaptation syndrom

விண்வெளி உடைசல்கள் நிவாரணக்குழு – Space debris working group

விண்வெளி எரிபொருள் – Astro fuel

விண்வெளி ஓட அகச்சிவப்புத் தொலைகாட்டி வசதி – Shuttle Infra-Red Telescope Facility-SIRTF

விண்வெளி ஓடங்கள் – Space shuttles

விண்வெளி ஓட பிம்பப் பதிவி ரேடார் – Shuttle imaging radar

விண்வெளிச் சுகக் கேடு -- Space sickness

விண்வெளி சூரிய மின்நிலையங்கள் – Space solar electric stations

விண்வெளித் துப்பாக்கி – Space gun

விண்வெளித் துறை – Department of Space

விண்வெளிப் பயணச் சாலை – The road to space travel

விண்வெளிப் பயன்பாடு மையம் – Space Application Centre-SAC

விண் வெளிப் பயணவியல் நிறுவனம் – National Aeronautics and Space Administration

விண்வெளி மற்றும் விண்பயண அறிவியல் நிறுவனம் – Institute of space and astronautical science

விண்வெளி மேலேற்றிகளும் விண்வெளித் தாம்புகளும்	– Space elevators and space tethers
விண்வெளி வாழ்வாங்கு முறை நிர்மாணிப்புப் போட்டி	– Space habitat design competition
விண்வெளி வீரர் திசைதிருப்பு அமைப்பு	– Astronaut manoeuvring unit
விமானப் படையின் விண்வெளி விரித்து, உயர்த்தத் தகும் தளங்கள்	– Swillable – cum – vertically retrievable platforms
வியர்ப்புக் குளிர்விப்பு	– Sweat cooling
வியர்வையால் குளிர்ச்சி	– Respiratory cooling
விரைவு	– Velocity
விரைவூட்டம்	– Acceleration
விலங்கினச் சடலங்கள்	– Fauna
விறைப்புத் தன்மை	– Stiffness
வினை ஊக்கி	– Accelerator
வினை புரிப் பதிவாக்கம்	– Active imaging
வினைபுரி மற்றும் வினையறு கதிரலை அளவி	– Advanced very high resolution radiometer
வினைபுரி மற்றும் வினையறு கதிரலைக் குறுக்கீட்டளவிகள்	– Active and passive radio interferometers
வினைமிகு குறியுணர் நெறிப்பாடு	– Active homing guidance
வினையறு குறியுணர் நெறிப்பாடு	– Passive homing guidance
வினையறுப் படப்பிடிப்பு	– Passive imaging
வீச்சியல் மற்றும் காற்றியங்கியல் ஆய்வுக்கூடம்	– Ballistics and aero dynamics laboratory
வெடிப் பஞ்சு	– Gun cotton
வெடிப்பு	– Crack
வெடியுப்பு	– Gun powder
வெண்குறளை விண்மீன்கள்	– White dwarfs

வெப்ப-அகச் சிவப்புக் கதிர்வீச்சு	– Thermal infra red
வெப்ப-அகச் சிவப்பு நிழற்படங்கள்	– Thermal infra red images
வெப்ப அணுக்கரு உலை	– Thermal reactor
வெப்ப அலைப்பதிவி	– Thermatic mapper
வெப்ப அவிபடு பொருட்கள்	– Heat ablatives
வெப்ப ஆற்றல்	– Heat energy
வெப்ப & ஈரப்பத அறை	– Thermal & Humidity Chamber
வெப்பக் காற்றோட்டம்	– Thermal air current
வெப்பக் குழாய்	– Heat pipe
வெப்பச்சலனம்	– Thermal convection
வெப்பம் உருவாதல்	– Heat of formation
வெப்பத்தால் இறுகுதல்	– Thermo setting
வெப்பத்தால் நெகிழ்தல்	– Thermo – plastic
வெப்ப மண்டலம்	– Thermosphere
வெப்ப மின் இரட்டைகள்	– Thermocouples
வெள்ளி இழைகள்	– Silver wires
வெளிப்பாடு மற்றும் பதிவாக்கக் கருவிகள்	– Display and recording devices
வெளியீட்டு அச்சு	– Output axis
வெளி வட்டாரங்கள்	– Outer zones
வெறுமம்	– Vacuum
வேக வளர்ச்சி அளவிகள்	– Accelerometers
வேக வளர்ச்சிப் புலம்	– Acceleration field
வேக வளர்ச்சியாகிய முடுக்கத்திற்கு எதிர்முடுக்கம்	– Negative acceleration or deceleration
வேதிமப் பிணைப்பின் கட்டமைப்பு	– Chemical bonding structure
வேதிமமிலா உந்தும அமைப்பு	– Non-chemical propulsion system
வேதிம - மின்வில் தாரை ஏவூர்திப் பொறிகள்	– Chemical arc-jet rocket engines
வேதியியல் உந்து எரிபொருள்கள்	– Chemical propellants
வேர்ச்சொல்லியல்	– Etymology

ஹை

ஹைடிரஜன் அணுக்கருக்கள்	– Hydrogen nuclei

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்

o தமிழ் மொழியின் வளர்ச்சி ஒன்றையே குறிக்கோளாகக் கொண்டு 1946–ஆம் ஆண்டு, அந்நாள் கல்வியமைச்சர் திரு தி.சு. அவினாசிலிங்கம் அவர்களால் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் நிறுவப்பட்டது.

o 1946 முதல் 1982–ஆம் ஆண்டு வரை அவர் அதன் தலைவராக இருந்து சிறப்பாகத் தொண்டாற்றி வந்தார்.

o 1982–ஆம் ஆண்டு மாநில, மைய முன்னாள் அமைச்சரான திரு சி. சுப்பிரமணியம் அவர்கள் கழகத்தின் தலைமைப் பொறுப்பேற்றுச் சீரிய முறையில் தமிழ் வளர்ச்சிக்கு வழிகாட்டி வந்தார்.

o 1990–ஆம் ஆண்டு முதல் முனைவர் வா. செ. குழந்தைசாமி அவர்கள் தலைமைப் பொறுப்பை ஏற்றுச் சீரிய பணியாற்றி வருகிறார்.

o 1947–இல் இருந்து 1968 வரை 'கலைக்களஞ்சியம்' 10 தொகுதிகள் திரு ம.ப. பெரியசாமித் தூரன் அவர்களைத் தலைமைப் பதிப்பு ஆசிரியராகக் கொண்டு வெளியிடப்பட்டன. இதுவே இந்திய மொழிகளில் முதல் முயற்சியாகத் திகழ்கிறது.

o 1968–இல் தொடங்கி 1976 வரை அவரையே ஆசிரியராகக் கொண்டு 'குழந்தைகள் கலைக்களஞ்சியம்' 10 தொகுதிகள் வெளியிடப்பட்டன. இதன் இரண்டாவது திருந்திய பதிப்பும் (10 தொகுதிகள்) 1988–இல் முடிவுற்றது.

o அதன் பின்னர், தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் அறிவியல் தொடர்பான நூல்களை வெளியிடும் பணியில் ஈடுபட்டு, 1991 முதல் 1993 வரை நான்கு நூல்களை வெளியிட்டுள்ளது.

o தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் மருத்துவ அறிவியலைக் கருத்தில் கொண்டு, அலோபதி மருத்துவமுறை நூல் வெளியீட்டுத் திட்டத்தை 1994 முதல் 2003 வரை 'மருத்துவக் களஞ்சியம்' என்னும் தலைப்பில் 12 தொகுதிகளை வெளியிடும் பணியை மேற்கொண்டது. 2006–இல் மருத்துவக் களஞ்சியம் கலைச்சொல் அடைவு வெளியிடப்பட்டது.

o இதனைத் தொடர்ந்து 2003 முதல் 2007 வரை சித்த மருத்துவம் பற்றிய நூல் வெளியீட்டுத் திட்டத்தில் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் ஆறு தொகுதிகளை வெளியிட்டுள்ளது. ஏழாவது தொகுதி குழந்தைகள் மருத்துவம் என்னும் நூல் 2011–இல் வெளியிடப்பட்டது.

o மைய அரசின் நிதி உதவியுடன் சித்த மருத்துவம் ஏழு தொகுதிகளையும் ஆங்கிலத்தில் மொழி பெயர்ப்பதற்கான தயாரிப்புப் பணிகள் நடைபெற்று வருகின்றன. இதில் இதுவரை நான்கு தொகுதிகள் மொழியாக்கம் செய்யப்பட்டு, பதிப்பு செய்யப்பட்டுள்ளன.

o அறிவியல் தொழில் நுட்பம் பற்றிய திட்டம் 2008–இல் தொடங்கப்பெற்று, 1. நீர் இயல், நீர்வளம், தமிழக நீர்வளம், 2. வேளாண்மை அறிவியல், வேளாண்மைத் தொழில்நுட்பம், 3. விண்வெளித் தொழில் நுட்பம், செயற்கைக்கோள்கள், 4. அணுவியல், அணுசக்தி, 5. உயிரியல், உயிரித் தொழில்நுட்பம் 6. சுற்றுச்சூழல் இயல், 7. கணிப்பொறி அறிவியல், தகவல் தொடர்பு தொழில் நுட்பம் என ஏழு தொகுதிகளாக வெளியிடத் திட்டமிடப்பட்டுள்ளது.

o இதில் அறிவியல் தொழில் நுட்ப நூல் வரிசையில் தொகுதி–1, பாகம்–1: நீர் இயல், பாகம்–2: நீர்வளம்; தொகுதி–2: தமிழக நீர்வளம், தொகுதி–3: வேளாண்மை அறிவியல், வேளாண்மைத் தொழில் நுட்பம், பாகம்–1: வேளாண்மை, தொகுதி–4: வேளாண்மை அறிவியல், வேளாண்மைத் தொழில் நுட்பம், பாகம்–2: தோட்டக்கலை, பாகம்–3: வனவியல், தொகுதி–7: உயிரியல், உயிர்த் தொழில்நுட்பவியல் என்னும் ஐந்து தொகுதிகள் வெளிவந்துள்ளன.

o தற்பொழுது தொகுதி–5: விண்வெளித் தொழில்நுட்பம், செயற்கைக்கோள்கள் என்னும் நூல் வெளிவந்துள்ளது. ஏனைய தொகுதிகளுக்கான தயாரிப்புப் பணிகள் நடைபெற்று வருகின்றன.